

**DISEÑO DE MANUAL DE ADMINISTRACION DE PROGRAMA QUIMICO DE
UNA CALDERA EN LA INDUSTRIA PAPELERA**

**JUAN SEBASTIAN DUCUARA SANCHEZ
CESAR AUGUSTO MONTOYA GOMEZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES
PROGRAMA DE ING. INDUSTRIAL
PEREIRA, RISARALDA
DIC. DE 2019**

**DISEÑO DE MANUAL DE ADMINISTRACION DE PROGRAMA QUIMICO DE
UNA CALDERA EN LA INDUSTRIA PAPELERA**

JUAN SEBASTIAN DUCUARA SANCHEZ

CC. 1.088.330.828

CESAR AUGUSTO MONTOYA GOMEZ

CC. 1.088.248.369

**Proyecto de grado para optar título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

Director

CARLOS ALBERTO ACEVEDO LOSADA

INGENIERO INDUSTRIAL- ESPECIALISTA EN SALUD OCUPACIONAL

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES

PROGRAMA DE ING. INDUSTRIAL

PEREIRA, RISARALDA

DIC DE 2019

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Tecnológica de Pereira por brindarnos el espacio de aprendizaje y el recurso humano para nuestro desarrollo como futuros ingenieros.

Al Ingeniero Carlos Acevedo por su apoyo y dirección, además por contribuir no solo a nuestra parte profesional si no también personal.

Al ingeniero Luis Romero por su apoyo incondicional y asesoría técnica que hizo posible lograr este trabajo.

Al grupo de trabajo de Nalco por su colaboración durante la carrera y por compartir buenos momentos, especialmente a Luis Romero, Carlos Páez y Diego Escobar.

RESUMEN

El presente trabajo de grado titulado “ MANUAL DE ADMINISTRACION DE UN PROGRAMA DE UNA CALDERA EN LA INDUSTRIA PAPELERA” es un estudio orientado a la documentación de los requisitos necesarios para la implementación de los mantenimientos preventivos de la caldera, con el fin de generar un impacto positivo en la industria generando mejor manipulación de las calderas, garantizando que el proceso sea el más indicado y tenga una mejor fluidez, que no haya un mal proceder , puesto que internamente permitirá la toma de decisiones al administrar, observar, controlar todos los procesos, contribuyendo a una mejora continua y externamente se verá reflejado en la prestación del producto.

Toda la información proporcionada se obtuvo a través de procesos investigativo utilizando como herramienta del método de observación, los cuales permiten conocer los procedimientos y otras variables que intervienen en la actividad de la caldera; brindando la información necesaria para llevar a cabo la documentación del manual químico.

ABSTRACT

The present degree work entitled "MANUAL OF ADMINISTRATION OF A BOILER PROGRAM IN THE PAPER INDUSTRY" is a study oriented to the documentation of the necessary requirements for the implementation of the preventive maintenance of the boiler, in order to generate an impact positive in the industry generating better manipulation of the boilers, ensuring that the process is the most indicated and has a better fluidity, that there is no bad procedure, since internally it will allow decision making when managing, observing, controlling all processes, contributing to continuous improvement and externally will be reflected in the provision of the product. All the information provided was obtained through investigative processes using the observation method as a tool, which allows to know the procedures and other variables involved in the activity of the boiler; providing the necessary information to carry out the documentation of the chemical manual.

INDICE

RESUMEN	1v
ABSTRACT	v
INDICE	vi
1 INTRODUCCIÓN	1
2 EL PROBLEMA	3
3 JUSTIFICACIÓN.....	4
4 OBJETIVOS.....	5
4.1 GENERAL.....	5
4.2 ESPECÍFICOS.....	5
5 MARCO LEGAL.....	6
6 MARCO TEORICO	11
7 MARCO CONCEPTUAL.....	20
8 METODOLOGIA	40
8.1 ESPACIO	40
8.2 TIEMPO	40
8.3 POBLACIÓN OBJETIVO.....	40
8.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	40
8.5 FUENTES DE INFORMACIÓN	41
8.6 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	41
8.7 ANÁLISIS DE DATOS.....	41
8.8 ESTRUCTURACIÓN DEL MANUAL DE ADMINISTRACIÓN.....	41
9 RESULTADOS.	43
10 CONCLUSIONES.....	44
11 BIBLIOGRAFIA	45
12 ANEXO A (MANUAL DE ADMINISTRACIÓN DE UN PROGRAMA QUIMICO DE UNA CALDERA EN LA INDUSTRIA PAPELERA)	47

1 INTRODUCCIÓN

Las calderas son dispositivos que sirven para generar energía térmica mediante la transformación de la energía contenida en distintos combustibles por medio de la combustión. Estas son diseñadas para transmitir el calor obtenido por un combustible a un fluido (generalmente agua) con el fin de producir vapor, el cual se usará como una sustancia de trabajo en otros dispositivos o sistemas.

Debido al crecimiento y demanda industrial que se ha generado en los últimos años, las calderas son utilizadas en muchos procesos industriales como por ejemplo:

- A nivel industrial las calderas de vapor son utilizadas en la generación de vapor o agua caliente para plantas de fuerza o procesos industriales, teniendo aplicaciones en industrias como:
- La industria alimenticia: ya que la parte esencial de sus procesos está basada en el calor para lograr la cocción o purificación de muchos de sus productos.
- La industria hospitalaria: su principal función es en la esterilización de instrumentos. Entre más grande y más áreas de trabajo tenga el hospital es mayor la demanda de estos equipos.
- La industria de bebidas alcohólicas: es también un gran consumidor de equipos caloríficos de grandes dimensiones y potencia, aquí es muy común su uso en la aceleración de la fermentación y en el proceso de cocinado de la materia orgánica que sea la base del producto.
- En la producción de papel, en la cual se utiliza una gran cantidad de vapor para llevar a un secador que por medio de transferencia de calor retira la humedad del papel al final del proceso.
- También se utilizan calderas de recuperación para la industria de celulosa y papel, son las calderas de calor residual. Su función principal es reducir, en el horno, el contenido de sulfato de sodio del licor negro en sulfuro de sodio. El producto químico recuperado se recicla al proceso de fabricación de papel. El calor generado por la combustión del licor negro se convierte en vapor en la caldera de recuperación de calor. Una fábrica típica produce el 40-50% de su carga de vapor de esta manera. En el horno de recuperación, el calor de la combustión de los componentes orgánicos disueltos de la madera es recuperado en la producción de vapor. En general, la energía derivada del proceso de recuperación es considerada como una función secundaria de operación

- de la caldera, la función principal es la recuperación del producto químico.

Dada la importancia de la producción de vapor (de agua) en la industria papelera y en general, siendo el agua la materia prima para realizar este proceso es vital que las condiciones fisicoquímicas de la misma cumplan con ciertos parámetros de control y calidad. Por lo general para lograr estas condiciones se necesita la implementación de un programa químico el cual ayudar a proteger el interior de la caldera y mejorar el rendimiento de la caldera para producir vapor.

2 EL PROBLEMA

La industria papelera siempre ha sido y será parte importante de las economías globales, es por eso que las tecnologías y programas implementados para asegurar los estándares de calidad cada vez intentan ser más vanguardistas.

Para asegurar la vida útil de la caldera se requiere de un programa químico el cual tiene como objetivo conservar y proteger el interior de la caldera de agentes químicos que vienen en el agua con la cual se genera el vapor, los cuales pueden llegar a deteriorar el cuerpo del equipo y tuberías por donde viaja el vapor. Viendo la necesidad latente de asegurar la calidad en materia de producción de vapor y conservación de las calderas en la industria papelera en Risaralda y a falta de empresas que presten el servicio de administración de un programa químico de una caldera en la industria papelera ha surgido la siguiente pregunta, ¿Cómo diseñar un manual de administración de un programa químico de una caldera en la industria papelera?

Conociendo que en el departamento de Risaralda se encuentran ubicadas dos empresas dedicadas a la producción de papel tissue (toalla, servilleta y papel higiénico), las cuales en sus procesos de fabricación requieren de la generación de vapor por medio de calderas para el secado del papel.

3 JUSTIFICACIÓN

El diseño de un manual de administración de un programa químico tiene como objetivo entregar la información técnica de manera organizada y precisa de: los químicos utilizados para el tratamiento, para que sirven, como se dosifican, donde se dosifican, además de indicar los rangos de operación de las variables fisicoquímicas para el correcto control de la caldera.

Con esta información se busca orientar al usuario y brindar las herramientas técnicas necesarias para ofrecer soluciones integrales y flexibles para mantener la confiabilidad de su sistema, proteger su equipo y proporcionarle una reducción en sus costos operativos.

Independientemente de la calidad del agua tratada que entra a la caldera, se requiere un programa de tratamiento interno para que funcione a su máximo rendimiento, este rendimiento se puede ver reducido principalmente por corrosión e incrustaciones de sales minerales (calcio, sílice, manganeso principalmente), En algunas ocasiones la corrosión aparece bajo los sedimentos o bajo las capas de incrustaciones adheridas al equipo. En otros casos ocurre por concentración de agua en los vapores de la caldera (arrastre) causando adicionalmente un efecto de erosión en el equipo.

De acuerdo con estas problemáticas en la industria se ofrecen una completa variedad de programas de tratamiento para proteger la caldera y mantenerla funcionando con eficiencia.

Los programas más básicos e integrales incluyen:

- Compuesto de controladores de dureza.
- Inhibidores de corrosión,
- Secuestrantes de oxígeno.
- Dispersantes poliméricos para atacar de manera simultánea todos los posibles desvíos del equipo.

Por lo tanto, una correcta administración de un programa químicos brindara seguridad y control sobre la caldera.

4 OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Diseñar un manual de administración de un programa químico para una caldera en la industria papelera

4.2 ESPECÍFICOS

Conocer los productos químicos que componen el programa, usos, puntos de aplicación y su dosificación.

Identificar los puntos críticos a muestrear para realizar el control fisicoquímico de la caldera.

Establecer los rangos de acción de los parámetros fisicoquímicos a verificar.

Comparar resultados experimentales con los rangos previamente documentados para establecer un plan de acción.

Documentar los problemas más generales que se presentan en el sistema de generación de vapor.

Documentar los planes de acción basados en los rangos previamente establecidos.

5 MARCO LEGAL

El manual de administración de un programa químico de una caldera es una herramienta que le facilita a la empresa usuaria al cumplimiento de la legislación vigente en materia de seguridad, uso racional y eficiente de energía. El reglamento que se menciona a continuación indica los parámetros a seguir para dar cumplimiento a la administración y operación de una caldera en Colombia.

REGLAMENTO TECNICO DE CALDERAS (RTC).

CONSIDERANDO:

Que el objetivo básico del Sistema General de Riesgos Laborales es la promoción de la salud ocupacional y la prevención de los riesgos laborales para evitar accidentes de trabajo y enfermedades laborales.

Que conforme a lo previsto en los artículos 348 del Código Sustantivo del Trabajo; 80, 81 y 84 de la Ley 9ª de 1979; 21 del Decreto Ley 1295 de 1994 y 2 de la Resolución 2400 de 1979 expedida por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, los empleadores son responsables de la seguridad y salud de sus trabajadores y de proveerles condiciones seguras de trabajo.

Que Colombia cuenta aproximadamente con 15.000 calderas instaladas para la generación de vapor, cuya energía térmica y de presión puede resultar peligrosa para los trabajadores y en general para las personas o los bienes que se encuentren dentro de su área de influencia. Que la fabricación, instalación y operación de calderas, en condiciones técnicas inadecuadas, constituye uno de los riesgos de mayor impacto sobre la seguridad humana

Que el artículo 113 de la Ley 9ª de 1979 establece que “Las calderas, cilindros para gases comprimidos y otros recipientes sometidos a presión, sus accesorios y aditamentos deberán ser diseñados, contruidos y operados de acuerdo con las normas y regulaciones técnicas y de seguridad que establezcan las autoridades competentes”

Que, en ese sentido, es necesario a través de este Reglamento promover el uso racional y eficiente de la energía (URE) en los sectores residencial, industrial y comercial en Colombia, de conformidad con la Ley 697 de 2001 teniendo en cuenta que las calderas son máquinas de transformación de energía donde la eficiencia del proceso es determinante para el consumo de recursos no renovables.

- **REGLAMENTO TECNICO DE CALDERAS (RTC).**

En su artículo 1 expone: “Establecer los requisitos que deben cumplir las calderas o recipientes a presión similares, incluyendo los recuperadores de calor utilizados en centrales de ciclo combinado; sus instalaciones y espacios complementarios, así como los de sus principales componentes, sistemas de control y seguridad y equipos auxiliares, los cuales están orientados a proteger la vida humana, animal y vegetal, la salud y la seguridad de los trabajadores, preservar el medio ambiente, y prevenirlas prácticas que puedan inducir a error al usuario.

El Reglamento Técnico de Calderas- RTC pretende eliminar, prevenir o controlar los riesgos presentes en el uso de calderas, mediante el establecimiento de especificaciones técnicas con carácter obligatorio a través de disposiciones relativas a requerimientos mínimos de diseño, materiales, dispositivos de control y seguridad, accesorios, construcción, requisitos de instalación y/o montaje, operación, mantenimiento y reparaciones, así como las inspecciones y pruebas a las que se deben someter estos equipos para demostrar la conformidad con el presente reglamento.

Para cumplir estos objetivos legítimos, el presente Reglamento contempla los siguientes aspectos:

- a. Trámites que deben cumplir los usuarios de calderas nuevas, usadas, reparadas y rehabilitadas para la consecución del certificado de conformidad de la caldera
- b. Requisitos de: diseños, instalaciones, estructuras, construcciones o espacios donde se instalarán las calderas, además los sistemas de manejo y almacenamiento de combustibles.
- c. Requisitos de controles, accesorios, indicadores y dispositivos de seguridad que deben tener las calderas objeto de este Reglamento.
- d. Competencias profesionales y técnicas del personal que interviene en la fabricación, instalación, montaje, mantenimiento, operación, reparación e inspección y demás procesos relacionados con las calderas.
- e. Prácticas de operación y mantenimiento que se deben aplicar a las calderas.
- f. Inspecciones, pruebas y verificaciones de seguridad, a que se deben someter todas las calderas.
- g. Requisitos de los sistemas de tuberías, válvulas y accesorios, principales y de equipos auxiliares.
- h. Cumplimiento de la reglamentación ambiental actualmente vigente en Colombia, relacionada con la construcción, operación, mantenimiento y funcionamiento de calderas.

- i. Eficiencia que deben cumplir los sistemas de combustión de las calderas.
 - j. Prevención de actos que puedan inducir a error a los propietarios o tenedores de las calderas, tales como la utilización o difusión de indicaciones incorrectas o falsas o la omisión de datos verdaderos que no cumplen las exigencias del presente Reglamento”.
- **REGLAMENTO TECNICO DE CALDERAS (RTC).**

En su artículo 2 expone: “El presente Reglamento rige en todo el territorio Nacional y aplica a:

- b. Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras que tengan en funcionamiento (o pretendan tener en funcionamiento) y/o desarrollen labores de operación o mantenimiento de calderas, sus equipos auxiliares y tuberías sujetas a presión asociadas a calderas
- c. Las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras que importen comercialicen calderas y/o productos, accesorios o aditamentos de calderas objeto del presente Reglamento.
- d. Las personas naturales o jurídicas que emitan documentos de conformidad con el presente Reglamento, en los productos o en el funcionamiento y seguridad de la caldera “.

- **REGLAMENTO TECNICO DE CALDERAS (RTC).**

En su artículo 37 expone: “CALIDAD DE AGUA PARA CALDERAS: Tanto el usuario, como el operador de la(s) caldera(s), son responsables en cualquier circunstancia, de mantener un estricto control sobre los parámetros físicos químicos, que regulan, tanto interna como externamente la calidad del agua de las mismas. Para Calderas tipo IV se debe poseer un procedimiento documentado del control físico químico de la calidad del agua de la caldera con los valores permisibles de cada parámetro, así también los registros del comportamiento de los parámetros en el tiempo. Los equipos utilizados en las mediciones de calidad del agua de caldera deben tener un certificado de calibración por una entidad certificada o tener protocolos de verificación con patrones calibrados y certificados por una entidad acreditada por ONAC los usuarios de calderas deben establecer perfiles de competencias para el personal que labora en la calidad del agua requerida para las calderas, en especial las de tipo III y IV, y capacitar el personal en tales competencias.”.

- REGLAMENTO TECNICO DE CALDERAS (RTC).

En su artículo 46 expone: “En el sitio donde opere la caldera se debe contar con los procedimientos operacionales impresos en idioma castellano, que incluyan al menos las medidas de seguridad industrial y los datos e información documental del equipo, conforme los siguientes procedimientos:

46.1.1 De operación, para:

- a. El arranque y paro seguro de los equipos;
- b. La atención de emergencias;
- c. La capacitación y adiestramiento requeridos por el personal operador;
- d. El uso de los instrumentos de medición;
- e. Los parámetros de los límites seguros de operación y los transitorios relevantes (temperatura, ruido, iluminación, vapores, concentración de gases) de acuerdo con las normas vigentes;
- f. El registro de las actividades;
- g. La conservación de esta información.

46.1.2 De mantenimiento, para:

- a. Definir la periodicidad y el alcance del mantenimiento preventivo;
- b. La capacitación y adiestramiento requerido del personal designado para efectuarlo;
- c. El uso de instrumentos de medición;
- d. Implementar las medidas de seguridad de las actividades de reparación y mantenimiento;
- e. El registro y su conservación, de las actividades realizadas.

46.3.3 Manual de operación y mantenimiento.

Para cada caldera instalada debe estar disponible para consulta en el área de operación una copia del manual de Manual de Operación y mantenimiento, en un lugar seguro y de fácil acceso para el usuario del equipo. Dicho Manual debe estar conforme a lo establecido en el presente Reglamento, en idioma castellano, debe ser suministrado por el fabricante de la caldera y contener como mínimo la siguiente información:

- a. Instrucciones claras y precisas sobre el funcionamiento de la caldera, el quemador y las precauciones de seguridad que se deben seguir en su operación.
- b. Protocolos y los chequeos que se deben realizar a los sistemas de control y dispositivos seguridad previos al arranque de la caldera.
- c. Instrucciones claras y precisas sobre los pasos y procedimientos a seguir durante el arranque y paradas de la caldera.
- d. Procedimientos por seguir en casos de emergencia, los cuales deben estar dentro del plan de emergencia.
- e. Trabajos de mantenimiento y frecuencia de los mismos (Diario, semanal, mensual, semestral y anual).
- f. Listado de repuestos y partes más importantes de la caldera que se deben mantener disponibles para recambio inmediato, en caso de que se requiera”.

6 MARCO TEORICO

Una caldera es un dispositivo que está diseñado para generar vapor saturado. Este vapor saturado se genera a través de una transferencia de energía (en forma de calor) en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia de estado. La transferencia de calor se efectúa mediante un proceso de combustión que ocurre en el interior de la caldera, elevando progresivamente su presión y temperatura. La presión, como se indicó al inicio, no puede aumentar de manera desmesurada, ya que debe permanecer constante por lo que se controla mediante el escape de gases de combustión, y la salida del vapor formado.

Debido a que la presión del vapor generado dentro de las calderas es muy grande, estas están construidas con metales altamente resistentes a presiones altas, como el acero laminado.

Las calderas se clasifican por su diseño en pirotubulares o acuotubulares. Sin embargo, pueden ser clasificadas desde otros aspectos, que incluyen, por el tipo de materiales de que están contruidos, por su aplicación, por la forma de toma de aire, por el tipo de combustible que utilizan, por la presión con que operan o por el fluido portador de calor que emplean.

CALENTAMIENTO DE EQUIPOS DEL PROCESO

Uno o más calderos proporcionan el vapor necesario para usarlo en las máquinas y equipos de la planta en el proceso de calentamiento. La combustión siempre produce material de desecho hollín, cenizas, humo.

Las trampas de vapor son dispositivos que se colocan después de un equipo para separar el vapor húmedo del vapor saturado esta agua caliente se denomina condensado el mismo retorna al caldero.

MANERAS DE CALENTAR CON VAPOR SATURADO

a) Vapor directo:

Inyección directa del vapor al material. Se emplea en lugares donde el condensado no es problema.

b) Vapor indirecto:

- Se realiza por medio de chaquetas, serpentines intercambiadores.
- Transmite calor por las paredes del recipiente al fluido paredes, maquinas.
- El vapor y el condensado no entran en contacto con el material a calentar.

APLICACIONES DEL VAPOR SATURADO

El vapor de agua generado por un caldero tiene múltiples aplicaciones, dependiendo de su presión, temperatura y caudal son:

1. Calentamiento de maquinaria y equipos del proceso.
2. Generación de fuerza motriz mecánica, por máquinas de vapor.
3. Generación de fuerza motriz mecánica por turbinas.
4. Generación de energía eléctrica por turbinas.
5. Otros usos menores.

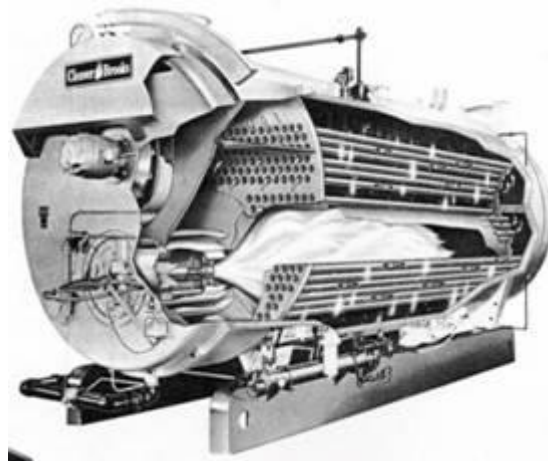
CLASIFICACIÓN DE LAS CALDERAS

Se clasifican según diversos criterios, relacionados con la disposición de los fluidos y su circulación, el mecanismo de transmisión de calor dominante, aspectos estructurales, modo de intercambio de calor, la forma del quemado del combustible, forma de alimentación del agua y otros muchos factores.

Basándose en algunos de estos criterios las calderas se pueden clasificar en:

Clasificación de acuerdo a la circulación de los fluidos dentro de los tubos de la caldera:

a) Calderas con tubos múltiples de humo – Piro tubulares:

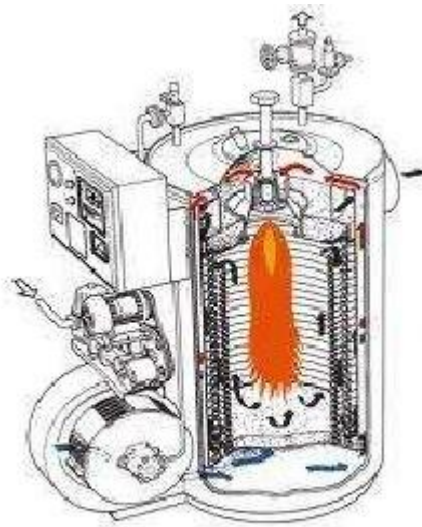


Son generadores de vapor pequeños, también conocidas como calderas de tubos de fuego. En este tipo de calderas los gases calientes circulan por dentro de los tubos y el agua circula por el exterior de estos, en ellas se genera agua caliente o vapor saturado. Existen diferentes tipos de calderas piro tubulares de acuerdo con el número de pasos de los gases en sentido longitudinal.

A medida que aumenta el número de tubos de humos, así como la cantidad de pasos, aumenta el intercambio de calor, lo cual disminuye la temperatura de los gases a la salida del generador de vapor, y, por consiguiente, se incrementa el rendimiento.

Las calderas piro tubulares se componen por un hogar o tubo central, tubos de humo o fluses, placas, casco o carcasa, una cámara de agua y una cámara de vapor.

b) Calderas acuotubulares:



Por dentro de tubos circula el agua y la mezcla de agua y vapor. Por fuera, generalmente en flujo cruzado, intercambian calor los humos productos de la combustión. En este tipo de calderas además el hogar (recinto donde se produce la combustión) está conformado por paredes de tubos de agua. En ellas el intercambio es básicamente por radiación desde la llama.

En este tipo de calderas es el agua o fluido térmico que se pretende calentar, es la que circula por el interior de los tubos que conforman la cámara de combustión y que están inmersos entre los gases o llamas producidas por la combustión. El vapor o agua caliente se genera dentro de estos tubos.

Existen dos tipos de agrupaciones de tubos, de subida y de bajada que se comunican entre sí en dos domos.

Clasificación de acuerdo a la presión de trabajo de la caldera

a) Calderas de baja presión

- Calderas que producen vapor a baja presión, hasta unos 4 o 5 kg/cm².
- Este rango de presiones es mas común en las calderas de agua caliente que en las calderas que generan vapor.

b) Calderas de media presión

- Producen vapor hasta aproximadamente 20 kg/cm².
- Generalmente vapor saturado, utilizadas en la industria en general.

c) Calderas de alta presión

- Asociadas a ciclos de potencia, trabajan con presiones de 20 kg/cm² hasta presiones cercanas a la crítica.

d) Calderas supercríticas.

- Son calderas que trabajan con presiones superiores a la crítica:
- 225,56 ata, 374,15°C. Utilizadas en grandes plantas de generación de energía eléctrica, en EEUU y en algunos países de Europa, también hay algunas en Japón.

Clasificación de acuerdo a la producción de vapor

a) Calderas chicas

- Producen hasta 1 o 2 toneladas de vapor saturado por hora.

b) Calderas medianas

- Producciones de hasta aproximadamente 20 toneladas de vapor por hora.
- Las calderas chicas y medianas casi en su totalidad son calderas humotubulares de baja y media presión.

c) Calderas grandes

- Calderas que producen desde 20 toneladas de vapor por hora, siendo normal encontrar producciones de 500 y 600 toneladas por hora. Generalmente vapor sobrecalentado, siendo calderas acuotubulares.

Componentes de una caldera:

Hogar o cámara de combustión: Es en esta parte de la caldera donde se realiza la reacción química de la combustión.

Tambor de vapor o domo principal: Es una pieza cilíndrica, su función es la producción de vapor, es quizá el elemento más importante de una caldera y aloja en su interior los elementos necesarios para llevar a cabo el control químico del agua y la calidad del vapor.

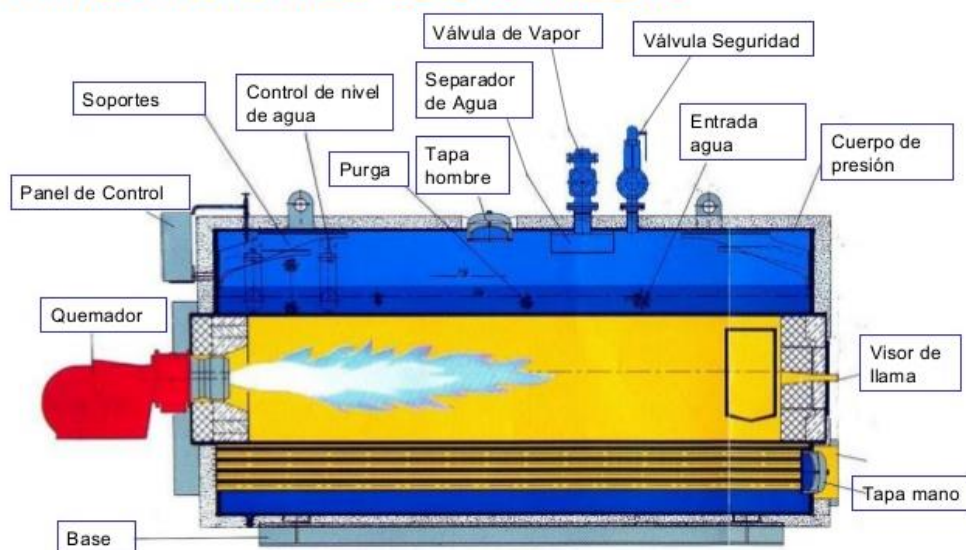
Puerta hogar o quemador: Es una pieza metálica, abisagrada, revestida generalmente en su interior con ladrillo refractario o de doble pared, por donde se echa el combustible sólido al hogar y se hacen las operaciones de control

del fuego. El quemador por su parte es el dispositivo de la caldera de generar la llama que provocará la liberación de energía del combustible atomizado.

Haz de tubos: está compuesto por múltiples tubos de menor diámetro que el hogar, por donde circulara el fluido correspondiente en base al tipo de caldera que se trate.

Chimenea: Es el conjunto de salida de los gases y humos de la combustión para la atmósfera. Además, tiene como función producir el tiro necesario para obtener una adecuada combustión.

PARTES PRINCIPALES DE LAS CALDERAS



SISTEMAS DE CALDERA

Las calderas en sus diversas formas y dimensiones, producen vapor, que a su vez se utiliza para una serie de operaciones, incluyendo la generación de electricidad a través de turbinas, procesos químicos y numerosas aplicaciones de calefacción. El vapor producido en las calderas debe ser de calidad aceptable, según requiera la operación para la que se genera.

La pureza del vapor producido y la eficiencia de la caldera dependen de la manera en que se gestionan los sistemas de apoyo. Estos últimos son las operaciones que producen agua que se utiliza en la caldera o que retornan vapor utilizado por la caldera para su reprocesamiento.

Los tres sistemas de apoyo son pretratamiento, la alimentación de agua y condensado.

El primer sistema de soporte es el sistema de pretratamiento, como su nombre indica, el agua se trata en primer lugar, antes de llegar a la caldera. El propósito general de la pretratamiento es eliminar tanto lo sólidos solubles

como los sólidos en suspensión que, si no se eliminan, pueden causar depósitos en la caldera y una pobre pureza de vapor. Estos problemas, a su vez, pueden conducir a un funcionamiento ineficiente de la caldera y finalmente a una parada de la planta.

El sistema de pretratamiento consiste generalmente en una o más de los siguientes:

- El ablandamiento con cal en frío o en caliente
- Filtración
- El ablandamiento por intercambio iónico
- Desalcalinización
- Desmineralización
- Ósmosis inversa

La selección del sistema pretratamiento adecuado, es dictada principalmente por la composición química del agua suministrada y los requisitos de la caldera.

El segundo sistema de soporte es el sistema de alimentación de agua para la caldera. Este es el caudal final de agua que entra en la caldera. Se compone de agua del sistema de pretratamiento más cualquier agua devuelta por el sistema de condensado. Estos flujos se combinan primero utilizando un desaireador que precalienta el agua de alimentación, y debido a su temperatura, elimina los gases del agua (siendo el oxígeno el más importante) antes de que entre en la caldera. Si el oxígeno no se elimina de manera eficiente, puede ocurrir una corrosión grave del resto del sistema de suministro de agua y del sistema de condensado de la caldera.

Literalmente, el degasificador se considera un calentador de agua de alimentación. También pueden estar presentes otros calentadores o intercambiadores de calor, tales como intercambiadores de calor de la purga y economizadores.

El tercer sistema de soporte es el sistema de condensado. Es aquí donde el vapor recoge y se devuelve a la caldera para su reprocesamiento una vez que se ha utilizado para los fines previstos.

El condensado es un componente valioso del agua de alimentación. Es de gran pureza y contiene una cantidad significativa de calor. A mayor condensado devuelto menor consumo de combustible, y por lo general, se requiere menor cantidad de agua de reemplazo. Así como el agua del pretratamiento debe cumplir con ciertos criterios, el condensado también debe hacerlo. Los productos corrosivos o la contaminación de un proceso pueden conducir a problemas graves y la ineficiencia de todo el resto del sistema de caldera.

Es esencial que cada sistema de soporte esté en su mejor estado para operar eficazmente.

De lo contrario, los costes de mantenimiento y la ineficiencia del proceso aumentarán y con el tiempo, se puede producir la parada de procesos o de toda la planta.

El papel del operador de la caldera no puede ser subestimado cuando se trata de la aplicación

de los programas de tratamiento químico para proteger a estos sistemas. Para ello, el operador no sólo debe entender completamente la química de los sistemas de calderas, sino también el funcionamiento mecánico de los sistemas y de cómo la química de los sistemas se integra en sí mismos.

TRATAMIENTO QUIMICO DE SISTEMAS DE AGUA DE ALIMENTACION

Los controles de la química del agua para proteger el sistema de agua de alimentación toman una gran importancia en los sistemas de alta presión. En los sistemas de agua de alimentación, por definición, se incluyen todas las bombas, tuberías, desaieradores (sección de almacenamiento y desaieración), y elementos de calentamiento. El sistema de agua de alimentación se considera que es el punto de admisión de agua de reposición a la propia caldera. Para los sistemas industriales, el punto de admisión del agua de reemplazo puede ser un tanque de agua de reemplazo, el pozo caliente del condensador o un desaierador. En los

Sistemas de plantas eléctricas, el sistema de agua de alimentación se inicia generalmente en el pozo caliente.

En una planta con 100% de agua de reemplazo, el sistema de alimentación es simplemente todo lo que se encuentra aguas abajo del último componente funcional del sistema de pre-tratamiento. Los economizadores de caldera representan un contacto de metal importante, una superficie de calentamiento del agua, y generalmente se consideran los componentes finales del sistema de agua de alimentación.

La proporción de área superficial de transferencia de calor desde el sistema de agua de alimentación a la de la propia caldera es generalmente mayor para los sistemas de alta presión. Por ejemplo, una relación de 1.3:1 podría ser un sistema como el de plantas eléctricas de 2400 psig (16.5 MPag) en comparación con uno de sólo 0.3:1 de un ciclo industrial de 750 psig (5.2 MPag). Esto es muy importante cuando se considera que los sistemas de alta presión, teniendo un agua de alimentación de alta pureza más agresiva, pueden tener mucho más grandes áreas de superficie en la sección de precaldera para el ataque del metal, en relación con la superficie de la propia caldera en la que los metales pueden ser depositados.

Los objetivos del control químico de agua en el sistema de agua de alimentación son dos:

1. Evitar la captura y el transporte de óxidos de metal en la caldera.
2. Prolongar la vida y el rendimiento de los componentes del sistema de agua de alimentación

Para lograr estos objetivos, los siguientes requisitos se deben cumplir:

- Todas las superficies metálicas que están expuestas al agua debe ser mantenidas en un estado de óxido reducido (pasivo) de modo que no reaccione con el agua de alimentación.
- El pH debe ser controlado dentro de los límites que son menos corrosivos para los metales del sistema.
- El oxígeno disuelto debe mantenerse en o lo más cerca de cero como sea posible.
- Para los sistemas de agua de alimentación que incluyen cobre u otros metales de aleación de cobre, el amoníaco debe ser mantenido en o por debajo de 0.3 ppm como NH_3 con un pH correspondiente por debajo de 9.3.

Algunos sistemas pueden requerir límites más estrictos para el amoníaco.

pH DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN

En los sistemas de alta presión, el pH del agua de alimentación se controla generalmente por la inyección continua de materiales alcalinos no-sólidos, normalmente amoníaco o aminas neutralizantes. Para controlar el pH del agua de alimentación, la amina debe ser alimentada directamente al agua de alimentación, en la medida de lo posible en el sistema. El pH del agua de alimentación en sistemas de alta presión es típicamente monitoreado en la descarga de la bomba de agua de alimentación a la entrada del economizador, o ambos. El intervalo preferido de pH de la alimentación de agua son 9.0 a 9.3 para los sistemas con un metalurgia mixta de Fe-Cu y 9.2 a 9.6 para los sistemas con metalurgia todo ferroso.

OXÍGENO DISUELTO

La remoción del oxígeno disuelto del agua de alimentación y la pasivación de los metales se mantienen por el suministro continuo de productos químicos volátiles tales como hidrazina o alternativas de hidrazina.

Alternativas como la hidracina y carbohidrazida D-eritorbato, con sus habilidades superiores de pasivación del metal a baja temperatura, puede reducir drásticamente la captura de cobre y el hierro en los sistemas de agua de alimentación. Para la máxima pasivación, especialmente cuando los calentadores de agua de alimentación de baja presión (incluyendo condensadores de eyector de aire y condensadores de vapor) preceden al desaireador, los productos químicos se inyectan en la descarga de la bomba del pozo caliente del condensador o en otro lugar cerca del sistema. A la baja temperatura que prevalece delante del desaireador, la reacción de la pasivación de metales predomina sobre las reacciones del secuestro de oxígeno, con lo que el producto químico secuestrante hace poco o ningún trabajo como desaireador en sí.

7 MARCO CONCEPTUAL

Agua blanda: el agua que contiene poco o ningún calcio y magnesio.

Agua de Alimentación: agua enviada a un generador de vapor o caldera. Incluye el agua de reposición y el vapor condensado recuperado. El agua de alimentación cumple con los criterios de limpieza, típicamente contiene productos químicos de tratamiento, y el oxígeno se ha removido.

Agua de Reposición: El agua que se lleva al sistema de caldera desde el exterior para reemplazar el condensado que no se retorna a la planta de la caldera, agua utilizada para la purga, pérdidas de vapor por fugas o agua perdida por evaporación o pulverización.

Agua de servicio: El agua para uso general que puede ser tratada para una aplicación determinada.

Agua Potable: Agua que es adecuada para beber, tal como se define por los órganos locales de salud.

Agua Saturada: Agua a temperatura y con un contenido tal de energía, que si añade más energía, el agua comienza a hervir o se evapora.

Agua Ultrapura: Término utilizado para caracterizar el grado electrónico de agua de proceso. En esencia, esta agua está libre de partículas, coloides inorgánicos y contaminantes orgánicos.

Aire auxiliar: aire adicional, tanto frío como caliente, introducido en las líneas de entrada o del quemador para aumentar el aire primario en los quemadores.

Aire de atemperación: El aire a una temperatura inferior añadido a una corriente de aire precalentado para modificar su temperatura.

Aire primario: En las calderas, el aire utilizado para suministrar oxígeno para iniciar la combustión.

Absorción: Asimilación de las moléculas de otras sustancias dentro de la estructura física de un líquido o sólido, sin reacción química.

Acero al carbono: Acero que contiene carbono hasta aproximadamente 2% y sólo trazas de otros elementos, excepto los añadidos para desoxidación. También se llama de comúnmente acero, acero directo al carbono (straight) y acero plano al carbono (plain).

Acero inoxidable ferrítico: Acero inoxidable magnético que tiene una microestructura de alfa ferrita. Su contenido de cromo varía de 11.5 a 27%, pero no contiene níquel.

Acero inoxidable: Cualquiera de los aceros que contienen diversas proporciones entre 2-30% de cromo como el principal elemento de aleación; estos aceros generalmente exhiben pasividad en entornos acuosos y no son magnéticos.

Ácido: Una sustancia que tiende a perder un protón. Una sustancia que se disuelve en agua con la formación de iones de hidrógeno. Una sustancia que contiene hidrógeno puede ser sustituido con metales para formar sales.

Acumulador o receptor de condensado: Un recipiente que recoge el condensado (vapor o proceso).

Acidez: Teóricamente, en el agua, un exceso de iones de hidrógeno sobre los iones hidróxido que ocurre cuando se tiene un pH inferior a 7.

Agente de-pasivación: Una sustancia, por lo general un ion tal como cloruro, cuya reacción con una superficie de metal destruye su característica pasiva.

Aire secundario: En las calderas, el aire necesario para completar el proceso de combustión.

Aire sobre fuego: Aire para la combustión introducido en el horno por encima del lecho de combustible.

Aire teórico: La cantidad de aire necesario para la combustión perfecta.

Aire total: La cantidad total de aire suministrado al combustible y productos de combustión. El aire total porcentual es la relación entre el aire total y el aire teórico.

Alcalinidad: Una medida de la concentración decarbonato, bicarbonato, y los iones hidroxilo en el agua, por lo general expresada en ppm equivalente (partes por millón) de carbonato de calcio. Por definición, la alcalinidad total (también llamada alcalinidad M) es aquella que reacciona con el ácido cuando el pH de la muestra se reduce hasta el punto de inflexión del anaranjado de metilo (pH aprox. 4.2). Otra expresión significativa de la alcalinidad es P, que existe por encima de pH 8.2 y es aquella que reacciona con el ácido cuando el pH de la muestra se reduce a 8.2.

Amina Neutralizante: Un inhibidor de la corrosión utilizado para reducir la corrosión en sistemas de vapor condensado. Estas aminas neutralizan el ácido carbónico y aumentan el pH del condensado.

Aminas: Una clase de derivados químicos de la amoníaco utilizado para tratar el vapor y el condensado por la neutralización de las especies ácidas, especialmente el dióxido de carbono.

Antiincrustante: tratamiento químico añadido para aumentar la solubilidad de las sales.

ASME: American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). La ASME crea los códigos y normas para el diseño y operación de las calderas y recipientes a presión.

Bagazo: caña de azúcar que se ha extraído el jugo.

Banco de convección: Líneas de tubos que forman parte del sistema circulatorio de una caldera aquatubular en el cual el calor se transmite principalmente por convección desde los productos de la combustión.

Base: Una sustancia alcalina.

Cabezal: Una línea o tubo colector para recoger o distribuir un líquido a un número de tubos o tuberías.

Caja de fuego: El área de una caldera donde se quema el combustible; un horno.

Caja de pared: Una estructura en la pared de un generador de vapor a través del cual los dispositivos, tales como sopladores de hollín, pueden extenderse en el interior.

Caja de viento del quemador: Una cámara en pleno alrededor de un quemador en la que se mantiene una presión de aire para asegurar una adecuada distribución y la descarga del aire secundario.

Caja de Viento: Una cámara por debajo de la rejilla o alrededor de un quemador mediante el cual se suministra el aire a presión para la combustión de combustible.

Cal: Un producto común de tratamiento químico del agua. La piedra caliza, CaCO_3 , se quema para producir cal viva, CaO , que se mezcla con agua para producir cal hidratada o, Ca(OH)_2 .

Caldera aquatubular: Diseño de caldera con una mezcla de agua y vapor en el interior de los tubos y fuego y gases de combustión por fuera de los tubos.

Caldera circulación natural: Una caldera que utiliza la diferencia de densidad entre el vapor y el agua para mantener la circulación.

Caldera Compacta: Una caldera diseñada, fabricada, montada y probada antes de su envío.

Caldera de circulación forzada: Una caldera que utiliza una bomba externa para mantener la circulación positiva.

Caldera pirotubular: Un diseño de caldera con los gases de combustión dentro de los tubos y la mezcla de vapor y agua fuera de los tubos.

Caldera supercrítica: una caldera diseñada para la operación por encima de 3203.6 psia (22.088 MPa).

Caldera: un recipiente o tanque en el que el calor producido por la combustión del combustible tal como gas natural, se utiliza aceite, madera o carbón, es usado para generar agua caliente o vapor para aplicaciones que van desde la calefacción de los edificios hasta para producir electricidad y calor para procesos industriales.

Calefacción, ventilación y aire acondicionado

(HVAC): Todos los componentes del dispositivo o sistema utilizado para acondicionar el aire dentro de una instalación.

Calentador de Aire Tubular: Un calentador de aire con arreglo de tubos.

Calor específico: El calor necesario para elevar la temperatura de una libra (kg) de una sustancia en 1 °F (°C).

Calor latente: El cambio en el contenido de calor de que ocurre cuando se produce un cambio de fase y sin cambio en la temperatura. Los cambios en el contenido de calor que afectan los cambios de temperatura se llaman cambios de calor sensible.

Calor perdido: Calor que se descarga desde un proceso mecánico, efluente o de un sistema de escape de ventilación que podría ser recuperado para propósitos útiles.

Capacidad operativa: La carga que una unidad de generación, la estación de generación o un aparato eléctrico puede llevar bajo condiciones específicas para un período determinado de tiempo sin exceder los límites aprobados de temperatura y voltaje.

Catiónico: La condición de un polímero, coloide, o de partículas grandes que tienen aniones intercambiables en su superficie y una carga opuesta, positiva en el sustrato.

Cátodo: En una celda de corrosión, el área en la cual la reducción es la reacción principal. Por lo general, un área que no es atacada. Un lugar donde los cationes en solución se neutralizan por los electrones para convertirse en elementos que se colocan en la superficie o que reaccionan con el agua para producir una reacción secundaria.

Cáustica: Un hidróxido de metal ligero, tal como hidróxido de sodio o hidróxido de potasio.

Chimenea: Un conducto vertical que crea un tiro en su base debido a la diferencia de densidad entre los gases internos y externos. En un sistema de caldera, el punto de descarga final de los gases de combustión.

Ciclo de la caldera: Todos los componentes que contribuyen al sistema de caldera, desde el agua de alimentación hasta el condensado. El pre tratamiento, desionización, desaireación, y los productos químicos se utilizan en todo el ciclo para evitar o eliminar los problemas asociados con los sólidos disueltos o suspendidos y gases en el agua de alimentación.

Ciclo de trabajo: La duración y la frecuencia de operación de un dispositivo.

Ciclo Rankine: Los cambios sucesivos en el nivel de calor y la temperatura a medida que el agua se convierte en vapor, se expande a través de un rotor, se condensa y se devuelve a la caldera.

Ciclos de concentración (COC): en un sistema de caldera, la relación de concentración de una sustancia específica en el agua de la caldera (purga) y la concentración de la sustancia en el agua de alimentación. Además, la proporción del flujo de agua de alimentación dividido por el flujo de purga. Sinónimo de coeficiente de concentración.

Colector: Un dispositivo que se utiliza para eliminar los sólidos formados en los gases de combustión.

Combustible pulverizado: el combustible sólido reducido a un tamaño óptimo, típicamente carbón.

Combustible residual: Cualquier producto que es un residuo de un proceso de fabricación y tiene valor como combustible.

Combustibles fósiles: Se refiere a carbón, petróleo y gas natural.

Combustión espontánea: La ignición de material combustible seguida de oxidación lenta sin la aplicación de alta temperatura de una fuente externa.

Combustión secundaria: Combustión que se produce como resultado de la ignición en un punto más allá del horno.

Condensado: El agua obtenida por evaporación y posterior condensación del agua, resultado de la eliminación del calor latente del vapor.

Contaminante: Cualquier componente externo presente en otra sustancia, por ejemplo, cualquier cosa en agua diferente de H₂O es un contaminante.

Conductividad: Un coeficiente de proporcionalidad que describe la velocidad a la cual el fluido (por ejemplo, agua o gas) se puede mover a través de un medio poroso. La conductividad es una función tanto de la permeabilidad intrínseca del medio poroso como de la viscosidad cinemática del fluido que fluye a través

del mismo. También, la capacidad de una sustancia para conducir el calor o la electricidad. En el tratamiento de aguas, es la capacidad actual de conducción de una corriente de agua. Se determina fácilmente mediante la aplicación de un voltaje fijo entre dos electrodos no polarizados de área fija colocados a una distancia fija definida. La conductividad eléctrica se expresa habitualmente en microsiemens por centímetro.

Corrosión galvánica: Corrosión asociada con la corriente de una celda galvánica que consta de dos conductores diferentes en un electrolito o dos conductores similares o en electrolitos diferentes.

Corrosión de grafito: La corrosión del hierro dúctil o gris nodular se lixivia selectivamente, dejando una masa porosa de grafito detrás; se produce en soluciones acuosas al relativamente suave y en accesorios de tuberías enterradas.

Corrosión de grieta: Un tipo de corrosión por celda de concentración; la corrosión causada por la concentración o el agotamiento de las sales disueltas, iones metálicos, oxígeno u otros gases en las grietas y cavidades remotas de la corriente de fluido principal, con una acumulación de las celdas diferenciales que finalmente causan picaduras profundas. También se le llama corrosión de depósitos y corrosión de las juntas.

Corrosión Influenciada microbiológicamente (MIC): El deterioro del metal como resultado de la actividad metabólica de microorganismos.

Corrosión intergranular: la corrosión que se produce preferentemente en los límites de grano, por lo general con ataque insignificante o suave en los granos adyacentes.

Corrosión por picadura: La formación de cavidades pequeñas y afiladas, sobre una superficie de metal por la corrosión.

Corrosión: La reacción química o electroquímica entre un material, normalmente un metal, y su entorno que produce el deterioro del material y sus propiedades.

Corrosividad: La tendencia de un ambiente a causar corrosión en un sistema de corrosión dado.

Desmineralización: Cualquier proceso utilizado para remover los minerales del agua, por lo general el término se limita a los procesos de intercambio iónico.

Despasivación (activación): El cambio de una superficie metálica de una condición químicamente no reactiva (pasiva) a una condición reactiva.

Domo de vapor: Un receptáculo remachado o soldado a la hoja superior de una caldera pirotubular mediante el cual el vapor es removido de la caldera.

Drenaje: Conexión de válvula en el punto más bajo para la remoción de toda el agua.

Diagrama de fases: Una representación gráfica de la temperatura de equilibrio y los límites de composición de los campos y reacciones de fase en un sistema de aleaciones. En un sistema binario, la temperatura es la ordenada, y la composición es la abscisa.

Dureza de carbonato: La dureza del agua causada por bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio. Si la alcalinidad excede la dureza total, la totalidad de la dureza es dureza de carbonato; si la dureza excede la alcalinidad, la dureza de carbonato es igual a la alcalinidad.

Dureza no carbonato: Dureza en el agua causada por los cloruros, sulfatos y nitratos de calcio y magnesio.

Dureza: a) En tratamiento del agua, la concentración de sales de calcio y magnesio en el agua. La dureza es un término que originalmente se refería al poder del consumo de jabón del agua, y por lo tanto, a veces también se considera que incluye hierro y manganeso. La dureza permanente es el exceso de dureza sobre la alcalinidad. La dureza temporal es la dureza igual o menor que la alcalinidad. Esto también se conoce como dureza de carbonato y no carbonato, respectivamente. b) En metalurgia, la resistencia de una sustancia a la deformación plástica, por lo general por la muesca. También puede hacer referencia a la rigidez o resistencia a rayones o cortes. La dureza de ranura puede ser medida por varios ensayos de dureza como Brinell, Rockwell y Knoop.

Ebullición: El acto de hervir o burbujear.

Economizador de vapor: Un economizador diseñado de manera que parte del líquido que pasa a través de ella se evapora.

Economizador: Equipo de intercambio de calor para elevar la temperatura del agua de alimentación recuperando el calor de los gases que salen de la caldera.

Eficiencia de combustión: Esta representa la cantidad de energía extraída de los gases de combustión. Es una medida en estado estacionario y no incluye las pérdidas de la carcasa de la caldera o pérdida por la purga. Las pérdidas identificadas en este cálculo de eficiencia son las pérdidas en la chimenea. La pérdida en la chimenea es una indicación de la cantidad de energía que permanece en los gases de combustión cuando salen de la caldera.

Emisiones de gases de efecto invernadero: Estos gases como el dióxido de carbono, vapor, el ozono troposférico, metano, y el ozono de bajo nivel que son transparentes a la radiación solar, pero opacos a la radiación de onda larga y los cuales se cree que contribuyen al cambio climático.

Erosión: La destrucción de los metales u otros materiales por la acción abrasiva de los fluidos en movimiento, normalmente acelerados por la presencia de partículas sólidas o materia en suspensión. Cuando la corrosión ocurre simultáneamente, generalmente se usa el término erosión-corrosión.

Evaporador: Equipo que elimina la humedad de un líquido, lo que resulta en una mayor concentración de los compuestos restantes.

Etapas: Una sección en una turbina donde el vapor transfiere energía a los álabes de la turbina.

Evaporación: La conversión de un líquido a vapor con la formación de burbujas.

Exceso de aire: la cantidad de aire presente en exceso del aire necesario teóricamente para la combustión completa. El exceso de aire absorbe algo del calor de combustión y se arrastra como calor residual de los gases exhaustos de combustión.

Factor de carga térmica: Un término usado para describir la relativa estabilidad de la aplicación de calor en una instalación o un proceso. A menudo se utiliza en la cogeneración donde un factor de alto indica un uso constante de calor estable.

Factor de concentración (CF): El grado en que los sólidos disueltos del agua de alimentación son concentrados en la salmuera. Factor de Concentración = $1 / (1 - Y)$, donde Y = recuperación en forma decimal.

Factor de ensuciamiento: Recíproco del coeficiente de transferencia de calor y utilizado en el diseño de condensadores de superficie.

Factor de Uso: La proporción de horas de operación de las horas totales en ese período.

Falla: Término general usado para implicar que una parte en servicio ha llegado a ser inoperable, es todavía operable pero incapaz de desempeñar satisfactoriamente su función, o se ha deteriorado seriamente al punto de que es no confiable o inseguro continuar usándolo.

Fase: Porción físicamente homogénea y distinta de un sistema material.

Fatiga por corrosión: El proceso en el que un metal se rompe prematuramente bajo condiciones de corrosión simultánea y carga cíclica repetida. La fractura se produce a bajos niveles de estrés o s ciclos menores de los que serían necesarios en ausencia del ambiente corrosivo. Bajo condiciones de la caldera, a menudo se refiere a la rotura resultante de recubrimientos de óxido de grietas progresivas de la capa de óxido de protección debido al estrés cíclico.

Fatiga térmica: Proceso que lleva a la fractura bajo estrés térmico repetido o fluctuante, pero con un valor máximo menor que la resistencia a la tracción del material.

Flujo: La tasa de movimiento de la masa a través de una unidad de área de sección transversal por unidad de tiempo en respuesta a un gradiente de concentración o alguna fuerza de advección. En soldadura, el material utilizado para evitar la formación, o para disolver y facilitar la eliminación de óxidos y otras sustancias indeseables.

Fosfato coordinado: Esquema de tratamiento de calderas utilizando tampones de fosfato para evitar la presencia de alcalinidad hidróxida, típicamente manteniendo la relación molar de sodio: fosfato entre 2.2 y 3.0.

Fractura dúctil: la fractura se caracteriza por la grieta del metal acompañado de notable deformación plástica bruta y un gasto considerable de energía.

Fractura frágil: la separación de un sólido seguido por poca o ninguna deformación macroscópica plástica.

Fractura por deformación: Una fractura que resulta de la deformación.

Fractura por estrés de corrosión (SCC): La falla por ruptura bajo la acción combinada de una corrosión específica y el estrés, tanto de tensión externa (aplicada) como de tensión interna (residual). La ruptura puede ser transgranular o intergranular dependiendo del metal y del medio corrosivo.

Fragilidad: Reducción de la ductilidad normal de un metal debido al cambio físico o químico. (daño por hidrógeno).

Fragilización cáustica: Término histórico obsoleto que denota una forma de fractura por estrés de corrosión encontrada con mayor frecuencia en los aceros al carbono y aleaciones de hierro-cromoníquel que están expuestos a soluciones concentradas de hidróxido a temperaturas de 400- 480 °F (200 a 250 °C).

Fragmentación: Grietas y pelado de las partículas de una superficie.

Fugas o arrastre: La presencia en el efluente de una especie de iones en un intercambiador de iones de alimentación.

Fusión: Proceso de fundir la ceniza para formar escoria.

Gas de carbón: Gas formado por la destilación destructiva de la hulla.

Gas Natural: Combustible gaseoso que se produce en la naturaleza, principalmente metano.

Gases de combustión: Los productos gaseosos de combustión en la salida de la chimenea.

Gases disueltos: Gases que se disuelven en el agua.

Generador de turbina: Unidad rotativa que consta de una turbina y un generador eléctrico.

Generador de vapor de recuperación de calor (HRSG): Un dispositivo que captura la energía térmica en una corriente de gases de escape o corriente de proceso y lo transfiere al agua para generar vapor.

Grafitización: Un término metalúrgico que describe la formación de grafito en hierro o acero, normalmente por la descomposición de carburo de hierro a alta temperatura. No se recomienda como un término para describir a la corrosión de grafito.

Grabación: En metalografía, el proceso de someter una superficie metálica a un ataque químico o electrolítico preferido para revelar el detalle de la microestructura. Para los metales ferrosos, el 2% de ácido nítrico en etanol (Nital) y el 4% de ácido pícrico en alcohol etílico (picral) se utiliza con mayor frecuencia.

Gravedad específica: Relación adimensional de la densidad de una sustancia con respecto a la densidad del agua. Por definición, la gravedad específica del agua es igual a 1.0. La mayoría de los productos de petróleo tienen una gravedad específica menor a 1.0, generalmente entre 0.6 y 0.9. Por eso flotan en el agua. Estos también se conocen como LNAPL o líquido de fase ligera no acuoso. Las sustancias con un peso específico mayor que 1.0 se hunden a través del agua. Estos se conocen como DNAPL o líquido de fase densa no acuoso.

Gravimetría: La medición del peso o la masa en lugar del volumen.

Grieta o rotura cáustica: Una forma de fractura por estrés de corrosión, en la cual se producen grietas continuas, predominantemente intergranulares, por la exposición simultánea de un esfuerzo de tracción del metal y la concentración cáustica.

Grieta Raíz: Una grieta en la soldadura o la zona afectada por el calor en la base de la soldadura.

Hematita: Una forma magnética de óxido de hierro, Fe_2O_3 . Los colores de la hematita van de gris a rojo brillante. Las formas rojizas son no protectoras e indican la presencia de altos niveles de oxígeno.

Herrumbre: Un producto de la corrosión que consiste en óxidos de hierro hidratado.

Hervidor: Intercambiador de calor usado en la refinación de petróleo y en aplicaciones de manufactura química, el cual añade calor a la corriente de proceso.

Hollín: Partículas no quemadas de carbón derivadas de hidrocarburos.

Horno de una sola etapa: Un horno que consta de una cámara de combustión.

Horno dividido: Un horno que se divide en dos o más partes.

Horno: Espacio cerrado proporcionado para la combustión del combustible.

Humedad absoluta (AH): Una medición de la humedad en el aire expresado en peso de agua por peso de aire seco.

Humedad relativa (RH): Una medida del porcentaje de humedad en el aire en comparación con la que tendría el aire si se satura completamente a esa temperatura y presión. Cuando el aire está completamente saturado, la humedad relativa es del 100%.

Humedad: Un término usado para designar el porcentaje de agua en el vapor. También se utiliza para describir la presencia de una película de agua sobre una superficie de calentamiento.

Humidificación: La adición de vapor de agua al aire.

Humo: Pequeñas partículas de hollín o carbono presente en un gas, típicamente de menos de 1 mm de tamaño, que resultan de la combustión incompleta de material de carbón y que están presentes en cantidad suficiente para ser visible.

Humo: Partículas suspendidas en el gas, típicamente de 0.1 a 1 micrómetros.

Hidroxiapatita: Incrustación de fosfato de calcio alcalino que se encuentra a menudo en las calderas.

Hidróxido ferroso: Producto de corrosión del hierro, blanco, $\text{Fe}(\text{OH})_2$. El ión férrico incorporado en una sustancia cambia el color a verde, marrón o negro. Hierro relativamente puro que forma la luz de fondo de acero al carbono de baja registrada.

Ignición: El inicio de la combustión.

Inclusiones: Las partículas de materiales extraños en una matriz metálica. Las partículas son generalmente compuestos (tales como óxidos, sulfuros, o silicatos), pero puede ser cualquier sustancia que es extraña a (y esencialmente insoluble en) la matriz.

Incrustaciones: El precipitado que se forma sobre una superficie en contacto con el agua como resultado de un cambio físico o químico, tal como alta temperatura.

Índice de saturación (SI): La relación del carbonato de calcio con el pH, alcalinidad, y dureza del agua para determinar su tendencia a formar incrustaciones.

Inflamación: El aumento repentino en el volumen de vapor en la mezcla agua-vapor por debajo del nivel del agua.

Inhibidor: Un producto químico que interfiere con una reacción química, tales como la corrosión o la precipitación.

Intercambiador de calor de placas: Un intercambiador de calor que consiste en una pila de hojas delgadas apoyadas sobre un bastidor. Generalmente las placas son corrugadas. Los dos fluidos fluyen a lo largo de los lados opuestos de cada placa.

Intercambiador de calor de tubos y carcasa: La forma más ampliamente utilizada del intercambiador de calor en el cual un líquido pasa a través de un número de tubos alojados en una carcasa. El segundo fluido pasa a través de la carcasa.

Intercambiador de calor: Un dispositivo utilizado para transferir calor de un medio a otro, ya sea por contacto directo e indirecto.

Inyector de vapor: Un dispositivo que inyecta vapor en un proceso, generalmente utilizado en aplicaciones de calentamiento directo con vapor.

Kilovatios hora (kWh): Una unidad de suministro de energía, o consumo de 1000 vatios durante un período de una hora; equivalente a 3,413 BTU (3600 kJ).

Latón: Una aleación que consiste principalmente de cobre (hasta 50%) y zinc, a la que se pueden añadir pequeñas cantidades de otros elementos.

Ley de Dalton: La presión total de una mezcla de gases es la suma de las presiones parciales de los gases en la mezcla.

Ley de Henry: La concentración de un gas disuelto en un líquido es proporcional a la presión parcial de dicho gas en el espacio de vapor por encima del líquido.

Licor negro: Material líquido remanente del proceso de cocción de la pulpa de madera en el proceso de soda o de sulfato de sodio. Licor de cocción Kraft recuperado de las lavadoras de pasta cruda en la planta de celulosa.

Limpieza ácida: El proceso de limpieza de las superficies internas del equipo por medio de llenado con ácido diluido que contiene un inhibidor para reducir la

corrosión y, a continuación el drenaje, enjuague y la neutralización del ácido con una solución alcalina.

Magnetita: Una forma magnética de óxido de hierro, Fe_3O_4 . La magnetita es de gris oscuro a negro y forma una película protectora sobre las superficies de hierro.

Material de arrastre: El transporte de agua en una corriente de gas. En una caldera, es el arrastre al vapor, en una torre de enfriamiento es la salpicadura.

Metal activo: Un metal listo para corroer o ser corroído.

Metal base: En soldadura, el metal soldado. Después de la soldadura, una parte del metal que no se fundió.

Metal de soldadura: La parte de la soldadura que fue fundida durante la soldadura.

Metal noble: Un metal con una notable resistencia a la reacción química, en particular a la oxidación y a la solución por ácidos inorgánicos.

Metalografía: Una ciencia que trata de la formación y estructura de los metales y sus aleaciones, revelados por el microscopio.

Microsiemens: El nuevo estándar universal de medición de la conductividad. Un microsiemens (μS) es equivalente a un micromho (μmho).

Mineral: Cualquier material inorgánico u orgánico fosilizado que tiene una composición química definida y una estructura que se encuentra en un estado natural.

Monómero: Una molécula, generalmente un compuesto orgánico que tiene la capacidad de unirse con un número de moléculas idénticas para formar un polímero.

Motor principal: El motor, la turbina, la rueda de agua o un dispositivo similar que acciona un generador eléctrico.

Nivel de agua: La elevación de la superficie del agua en una caldera.

No condensables: Materiales gaseosos no licuadas cuando el vapor de agua asociado se condensa en el mismo ambiente.

Oxidación: Reacción química en la que un elemento o ion incrementa la valencia positiva, perdiendo electrones a un agente oxidante.

Óxido de hierro hidratado: El óxido de hierro hidratado, FeO , un producto de la corrosión negra. Se oxida fácilmente por el aire.

Parrila: La parte de un horno de combustible sólido donde se coloca el combustible sólido y empieza la combustión.

Parrilla Stoker: Un dispositivo para llevar el combustible sólido a través del horno para que la parrilla actúa como una plataforma para el quemado.

Pase de sales: La cantidad de sal, como porcentaje, que pasa a través de la membrana a la corriente de permeado. El pase de sales es una función de la temperatura, la velocidad y el gradiente de concentración.

Pasivación: El cambio de una superficie químicamente activa de un metal a un estado mucho menos reactivo.

Pérdida de elementos de una aleación: La corrosión selectiva de uno o más componentes de una aleación de solución sólida. También se llama separación o lixiviación selectiva.

pH: El logaritmo negativo de la actividad de los iones de hidrógeno; denota el grado de acidez o alcalinidad de una solución. A 77 °F (25 °C), 7.0 es el valor neutro. La disminución de los valores inferiores a 7.0 indican un aumento de la acidez, el aumento de los valores por encima de 7.0 indican aumento de la alcalinidad.

Picaduras: Una cavidad distinta en una superficie metálica debido a la corrosión altamente localizada.

Pining: Formación de pequeñas cavidades profundas en una superficie de metal debido a la corrosión.

Placa de calefacción radiante: Sobrecalentador radiante con arreglo de tubos dispuestos en un plano, que conecta la entrada y salida de los colectores.

Plenum: Recinto a través del cual el aire o el gas pasa a velocidad relativamente baja.

Polarizar: En corrosión, el desarrollo de una barrera en la superficie anódica o catódica para detener el proceso de corrosión.

Poliacrilamida: Un polímero orgánico sintético utilizado en las calderas para el acondicionamiento de lodos.

Poliamida (PA): Introducido a principios de los años 70, este polímero asimétrico se utiliza en la construcción del compuesto de película delgada (TFC) de las membranas en espiral. Las membranas de poliamida son los materiales más típicos de construcción de la membrana debido al requerimiento de menor presión y las condiciones de operación más flexibles. Las membranas de poliamida son intolerantes a los oxidantes (cloro, cloramina, el ozono bromo, etc.). También hay que resaltar que la superficie de la membrana de poliamida lleva una carga aniónica, que hace que sea

ligeramente más susceptibles a la deposición de contaminantes que llevan una carga catiónica.

Polifosfato: Ortofosfato deshidratado molecularmente.

Polímero: Una cadena de moléculas orgánicas producidas por la unión de las unidades primarias llamadas monómeros.

Potencia caldera: Una unidad de la velocidad de evaporación de agua igual a la evaporación por hora de 34.5 lb (15.6 kg) de agua a una temperatura de 212 °F (100 °C) en vapor a 212 °F (100 °C). Un hp de caldera es igual a 33,500 BTU/h (35,344 kJ/h o 9.8 kW).

Pozo caliente: Recipiente debajo del condensador de superficie que recibe el condensado de vapor. También se utiliza para describir cualquier recipiente que recibe agua de la recuperación de vapor instantáneo (flash).

Precalentador de Aire Regenerativo: un calentador de aire que utiliza un rotor para transferir calor desde los gases calientes de combustión al aire de combustión que entra.

Precipitado: Un producto de reacción insoluble; en una reacción química acuosa, generalmente un compuesto cristalino que aumenta de tamaño para convertirse en sedimentable.

Presión crítica: La presión a la temperatura crítica por encima de la cual un fluido ya no tiene las propiedades de un líquido, independientemente del incremento de la presión.

Presión máxima autorizada (AWP): La presión máxima a la que de una caldera o de la presión se ha diseñado o construido

Producto de la corrosión: Sustancia formada como resultado de la corrosión.

Pulidor de condensado: Una unidad para la eliminación de impurezas del condensado.

Típicamente, estos son filtros o unidades de intercambio iónico.

Punto Autotérmico: La concentración de sólidos en la cual el lodo tiene calorías suficientes para quemar sin combustible adicional.

Punto crítico: El punto donde el agua se convierte en vapor sin hervir (705.4 ° F; 374.1 °C y 3206.2 psia; 22.1 psia MPaa).

Punto de evaporación (flash point): La temperatura a la cual una sustancia emite vapor suficiente para evaporarse cuando se expone a una fuente de ignición.

Punto de fluidez: La temperatura más baja a la cual puede fluir el aceite combustible.

Punto de inflamación: La temperatura a la que un material se quema cuando se expone a una fuente continua de ignición.

Punto de rocío del ácido: La temperatura a la que un ácido se puede condensar como un líquido.

Punto de rocío: La temperatura a la que un vapor debe ser enfriado de modo que se produce la condensación o la saturación.

Pureza del vapor: Una medida de las sustancias disueltas y arrastradas en el vapor.

Purga continua: El proceso de eliminación de agua en una base continua, de una caldera para eliminar las altas concentraciones de sólidos disueltos y suspendidos.

Purga de fondo: Purga Manual intermitente para eliminar los sólidos y lodo de los tambores de lodo y cabezales inferiores.

Purga superficial: P de la caldera tomada de la parte más alta de la caldera justo debajo de la superficie del agua para reducir la cantidad de sólidos disueltos.

Purga: La eliminación del agua de un sistema de evaporación del agua para mantener un balance de sólidos dentro de los límites especificados de concentración de dichos sólidos.

Quemador: Un dispositivo utilizado para introducir combustible y aire en un horno a una velocidad, turbulencia y concentración deseadas para establecer y mantener la ignición y combustión adecuada del combustible.

Radiación: En un horno, la transferencia de calor por las ondas de energía, parecido a otras formas de ondas electromagnéticas (ondas de luz y de radio, por ejemplo).

Recuperación del horno: un horno de quema del licor negro del proceso de fabricación de pasta kraft para recuperar químicos de cocción en forma fundida.

Recuperación: El porcentaje de agua de alimentación que se convierte en permeado. A veces se refiere como conversión.

Reducción: Una reacción química en la cual un elemento o compuesto gana electrones, siendo reducido en una valencia positiva.

Reformador: Un dispositivo que produce hidrógeno a partir de un compuesto hidrocarburo, como por ejemplo el metano, generalmente usando vapor.

Refractario: Un material capaz de retener sus propiedades físicas y químicas cuando se somete a altas temperaturas, típicamente utilizados para hornos de línea.

Relación de purga: Para las calderas, la relación del agua eliminada por la purga y la cantidad de agua de alimentación suministrada a la caldera en unidades equivalentes para el mismo tiempo.

Relación molar de sodio: fosfato (Na: PO₄): El parámetro de control primario para un programa de tratamiento de alcalinidad cautiva. La relación molar de Na:PO₄ pH se determina midiendo el pH del agua de la caldera y la concentración de ortofosfatos. Estos datos se utilizan en los cálculos o curvas para determinar la relación.

Relación sulfato:carbonato: La proporción de sulfato entre carbonato (o alcalinidad expresada como carbonato) en el agua de caldera. El mantenimiento adecuado de esta relación ha sido defendido como un medio para inhibir la fragilidad cáustica.

Secador: Un dispositivo que elimina la humedad de un sólido.

Secuestrante de oxígeno: Aditivos químicos utilizados para eliminar trazas de oxígeno disuelto del agua de alimentación de caldera.

Secuestrante: Que forma un complejo estable, soluble en agua.

Sedimentación: Precipitación gravitacional de las partículas sólidas en un sistema líquido.

Separador de vapor: Un dispositivo para retirar vapor de agua arrastrado.

Separador o lavador: Un dispositivo que separa los componentes de un compuesto.

Separador: Una pantalla de metal diseñada para eliminar las partículas de líquido de los fluidos para proteger los dispositivos posteriores.

Serpentina: Precipitado alcalino de silicato de magnesio que generalmente se produce en la caldera.

Siderita: Carbonato ferroso, FeCO₃.

Sílice: La concentración de dióxido de silicio que se encuentra en el agua. La sílice forma una incrustación tenaz con una baja conductividad térmica. La sílice es soluble en vapor y puede arrastrarse al vapor donde se puede condensar en los álabes de la turbinas o corroer las superficies.

Sinergia: La acción combinada de varias sustancias químicas que producen un efecto mayor que los efectos sumados de cada uno.

Sobrecalentador: Un intercambiador de calor situado en un horno para aumentar la temperatura del vapor que sale del tambor de la caldera más allá de la temperatura de saturación.

Sobrecalentamiento (metal de caldera): Los cambios en la microestructura que se producen en el metal de la caldera a alta temperatura. El metal puede o no puede ser dañado permanentemente.

Sobrecalentar: Subir la temperatura del vapor por encima de su temperatura de saturación. La temperatura en exceso de la temperatura de saturación.

Soda ash: Un químico común para el tratamiento de agua, el carbonato sódico (Na_2CO_3).

Sólidos disueltos: Aquellos sólidos en solución acuosa.

Sólidos suspendidos (SS): Material insoluble en suspensión, pero que pueden removerse a través de sedimentación o filtración.

Sólidos Totales Disueltos (STD): La suma de todos los sólidos disueltos (volátiles y no volátiles) en agua o aguas residuales.

Sosa cáustica: Un tratamiento químico común de agua, hidróxido sódico (NaOH o licor).

Superficie de vaporización: La superficie del agua en la caldera donde el vapor es liberado.

Tanque flash: Un depósito receptor de la purga de la caldera o condensado a alta presión que reduce la presión del fluido y permite al vapor liberarse rápidamente.

Tasa de calor: Una expresión para convertir el calor en energía, dada en Btu / kWh (kJ / kWh). La conversión teórica es 3413 Btu / kWh (3600 kJ / kWh).

Tasa de combustión: La cantidad de combustible consumido por unidad de tiempo.

Tasa de combustión: La cantidad de combustible que puede ser quemado por unidad de tiempo.

Tubos de pared de agua: En una caldera aquatubular, los tubos que forman el horno endonde el calor radiante es más alto.

Temperatura de fusión de ceniza: La temperatura a la cual las partículas de ceniza cambian de líquido a sólido. Una temperatura de fusión de ceniza alta indica que las partículas de ceniza cambian rápidamente a sólido después de la quema y son menos propensos a adherirse como escoria a una superficie del lado de fuego de la caldera.

Temperatura de incrustaciones: Es la temperatura a la cual empieza la formación relativamente rápida de los óxidos o sulfuros metálicos.

Temperatura de saturación: Temperatura constante a la que se produce la ebullición: la temperatura a la que se produce la evaporación a una presión en particular.

Termocompressor: Un dispositivo que utiliza vapor a alta presión para aumentar la presión de un suministro de vapor a baja presión para generar un servicio de vapor más útil.

Therm: La unidad de calor aplicada especialmente al gas natural. Un therm es igual a 100.000 BTU (105,505.6 kJ).

Tiempo de retorno: Cantidad de tiempo requerido para que el flujo positivo de caja iguale al costo total de inversión. Esto a menudo se usa para describir cuanto tiempo tomará para que los ahorros de energía resultantes del uso de equipos de energía más eficiente igualen la prima pagada para comprar equipos de energía más eficiente.

Trampa de vapor: Una válvula de control automático que permite la liberación de condensado, aire, CO₂ y otros gases condensables que se mantienen en el vapor vivo del sistema.

Tratamiento de alcalinidad cautiva: Un programa para el tratamiento interno del agua de caldera basado en ortofosfato y no alcalinidad hidróxida libre. Los programas de fosfato congruente y coordinado se incluyen en este término general.

Tratamiento de fosfato (PT): En esta guía, este término se refiere a un programa de tratamiento convencional con base de fosfato, con alcalinidad hidróxida libre en el agua de la caldera.

Tratamiento de fosfato en equilibrio (EPT) Tratamiento de fosfato en equilibrio (EPT): Este programa de tratamiento interno utiliza una concentración baja de ortofosfato en el agua de caldera (generalmente menos de 2 ppm como PO₄) y permite una ligera concentración de hidróxido libre (hasta 1 ppm como NaOH).

Tratamiento de oxígeno (OT): Un tipo de tratamiento interno de agua de la caldera, donde el oxígeno se añade intencionadamente al agua de alimentación para reducir la corrosión del agua de alimentación y para estabilizar la magnetita protectora. El OT se utiliza sólo en aplicaciones de alta presión y tiene requisitos estrictos para la calidad del agua de alimentación.

Tratamiento interno: El programa de tratamiento químico usado para mitigar la corrosión y la incrustación en el lado de agua de una caldera.

Tratamiento Todo Volátil (AVT): Un programa para el tratamiento de agua de la caldera que no contribuye al agua con sólidos disueltos en la caldera. El VTA

consiste típicamente sólo de aminas neutralizantes y secuestrantes volátiles de oxígeno.

Tratamiento Umbral: El control de los depósitos o incrustaciones mediante la aplicación de dosis subestequiométrica del tratamiento químico.

Tuberculación: Un proceso de corrosión que produce abultamientos duros de productos de corrosión sobre la superficie metálica, lo que aumenta la fricción y reduce el flujo en un sistema de distribución de agua.

Turbina a contrapresión: Una turbina de saca vapor exhausto a la presión atmosférica. El vapor exhausto normalmente se envía a otros servicios.

Turbina de combustión: Una turbina que genera electricidad a partir de la combustión de un combustible.

Turbina de condensación: Turbina que produce vapor exhausto a condiciones sub-atmosféricas donde el vapor se condensa. Estas turbinas se utilizan generalmente en aplicaciones de generación de electricidad.

Turbina de impulso: Un diseño de turbina, donde la expansión del vapor se produce enteramente dentro de boquillas fijas. Los chorros de vapor de las boquillas alcanzan los espacios del rotor, obligando al eje a girar.

Válvula de alivio: Una válvula diseñada para proteger los sistemas de presión excesiva. Si una condición de alta presión, la válvula se abre y se alivia la presión.

Válvula reductora de presión (PRV): Una válvula que regula la cantidad de vapor que se permite pasar de un servicio de una alta presión a uno de baja presión.

Vapor de extracción: El vapor removido de uno o más puntos de presión controlada en una turbina de extracción de vapor y que se utiliza para aplicaciones de procesos diferentes.

Vapor saturado: Vapor de agua a la temperatura correspondiente a su presión.

Vapor sobrecalentado: Vapor removido del agua de caldera y que se vuelve a calentar. El vapor alcanza una temperatura por encima de la de saturación.

Vapor Vivo: El vapor que no ha realizado ningún trabajo para el cual fue generado.

Vapor: El fase de agua de vapor substancialmente sin mezclarse con otros gases.

Vaporización instantánea (flash): La conversión espontánea de líquido a presión (agua) en vapor (vapor de agua).

8 METODOLOGIA

8.1 ESPACIO

El proceso de investigación será realizado en el marco espacial de la empresa XYZ de la ciudad de Pereira. (Por motivos de confidencialidad empresarial no se revelara el nombre real de la empresa).

8.2 TIEMPO

El tiempo estimado para proceso de documentación, diseño y realización del manual de administración del programa químico de una caldera en la industria papelera será de 5 meses, iniciando con la realización del presente anteproyecto y finalizando con la entrega del manual de administración.

8.3 POBLACIÓN OBJETIVO

Es importante mencionar que la población objetivo para este trabajo serán los calderistas (operario de la caldera) y jefes de plantas térmicas o de procesos según la empresa, ya que serán la personas encargadas de la operación, y por lo cual este manual será de gran utilidad dado que con esta herramienta se logrará un correcto manejo de los equipos y una adecuada administración en sus procesos productivos, aportando de manera eficaz a los resultados propuestos con mantenimientos preventivos y se establecerán los procedimientos a seguir con el fin de tener claro cuáles son las medidas necesarias que se deben de tener en cuenta para un buen desarrollo y así ayudar al equipo a ejecutar su tarea de manera más acertada.

8.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de este proyecto se realizara un estudio de tipo descriptivo; En el cual se evaluara en un momento determinado las condiciones fisicoquímicas óptimas de una caldera de vapor de una empresa papelera en ubicada Risaralda.

8.5 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para la realización del proyecto se utilizará como fuente de información primaria, aquella recolectada por medio del método de observación, el cual permitirá analizar los procedimientos de la empresa y la conducta del personal, además de otras variables que intervengan en la actividad de la empresa. Igualmente es necesario el uso de fuentes secundarias, como la documentación sobre los procedimientos químicos de una caldera, que se hayan realizado antes en otras empresas o universidades que brinden el soporte necesario para cumplir con los objetivos trazados.

8.6 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la recolección de la información se realizaron 3 visitas técnicas para observar los puntos de muestreo, cantidad de muestra para análisis, análisis fisicoquímicos, parámetros a medir, composición del programa químico, dosificación de los productos químicos en la caldera y rangos de operación (parámetros fisicoquímicos), posteriormente se realizó una investigación de datos bibliográficos y documentales para reunir la información pertinente para el diseño de un manual de administración de un programa químico de una caldera en la industria papelera.

Además se valoró el nivel aplicativo del manual en las calderas, para proponer medidas de prevención, control y operación, además se contó con asesorías de expertos (operarios de calderas, jefes de plantas térmicas y un representante (asesor) de la empresa proveedora de los químicos).

8.7 ANÁLISIS DE DATOS

La información recolectada fue registrada por medio de recursos informáticos en diferentes formatos que permitieron organizar y clasificar, para luego ser analizada y comparada con datos bibliográficos, para así definir el contenido de información que se estipuló en el manual de administración.

8.8 ESTRUCTURACIÓN DEL MANUAL DE ADMINISTRACIÓN

Existe una gran diversidad de modelos de manuales de administración, el contenido del mismo varía según los objetivos y propósitos de cada empresa, así como también el campo de aplicación, por lo que se considera que las empresas de la industria papelera adopten las normas generales que uniformen los contenidos de los manuales y la forma de presentarlos.

El Manual de administración de un programa químico para el tratamiento de una caldera debe contener los siguientes elementos:

- Identificación
- Índice
- Introducción e información general
- Objetivo del manual
- Responsabilidades de la empresa
- Descripción general del tratamiento del agua de calderas
- Objetivo de esta fase de la operación
- Etapas
- Fundamentos básicos del programa de tratamiento químico para la caldera
- Inhibidor de corrosión
- Anticrustante
- Secuestrante de oxígeno
- Control del programa de tratamiento químico
- Rangos de control
- Anexo guía para solución de problemas

9 RESULTADOS.

Como resultado se obtiene la elaboración del manual: MANUAL DE ADMINISTRACIÓN DE UN PROGRAMA QUIMICO DE UNA CALDERA EN LA INDUSTRIA PAPELERA con el fin de determinar los diferente procesos de los cuales va hacer sometido la caldera , permitiendo un mejor trabajo designada por ella con mejor flujo en sus estados químicos prolongando la vida útil de la herramienta y una mayor productividad que está relacionada con el instrumento industrial, el manual está, pensado, diseñado y estructurado con el afán de darle trazabilidad a las funciones de la caldera, como se están haciendo , ejecutando y controlando esto permite que con la guía de su paso a paso los mantenimientos sean en su mayoría preventivos y no correctivos, de esta misma manera se logró establecer el proceder de los diferentes posibles caminos errados y dar solución lo antes posible intentando erradicar fallas mayores que afecten directamente la industria y la compañía, gracias a lo planteado en el manual, la circulación de los vapores y los gases químicos harán de una mejor funcionalidad con la caldera y de manera directa se verá reflejado en la operación de la máquina la en conjunto a la producción del papel puesto que a mejor tiempos de trabajo, es mayor la entrega de unidades y menor tiempo laborado.

*** Ver anexos.**

10 CONCLUSIONES.

- Se realizó un diagnóstico inicial de la caldera para identificar los procedimientos que se llevan a cabo y que no se encontraban documentados, también se conoció la estructura física que tiene y con base en esta información obtenida se empezó a documentar el manual de administración químico.
- Se estructuró y documentó el manual químico, describiendo cada uno de los procesos con sus respectivas finalidades y alcances.
- Se elaboró el manual de procedimientos, especificando las actividades que deben seguirse en la realización de las funciones de las diferentes partes dentro de la caldera para poder evaluar cada proceso de manera más sencilla.
- El trabajo realizado permitió establecer las bases requeridas para la documentación de los requisitos para el manual, permitiendo próximas actualizaciones y mejoras continuas en la trazabilidad y registros.

11 BIBLIOGRAFIA

- Abarca, P. (s.f.). Descripción de calderas y generadores de vapor. ACHS. Recuperado de: <https://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitación/Centro de fichas/Documents/descripcion-de-calderas-y-generadores-de-vapor-pdf>.
- CALDERAS CONTINENTAL LTDA. Manual de operación y mantenimiento modelo E52C30C-2G. Bogotá, 2004, p. 1-23.
- Caplan, Gary, Water Text: The complete Reference for water Treatment Chemicals, processes, and suppliers. Concord, ON: Caplan Technical Resources, 1998.
- Cusme, G. & Valencia, G. (2014). "MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA, DE LA FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS, DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ". Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Ecuador.
- Dean, J., Lange's Handbook of chemistry, New York: McGraw-Hill, 1992.
- HACH Company, Water Analysis Handbook, Loveland, CO: HACH Company, 2002.
- Franz, D. (s.f.). Comparativa de caldera pirotubular y caldera acuotubular. Alemania. Recuperado de: https://www.bosch-industrial.com/files/fb013_sp.pdf
- Güiza, R. & Rangel, V. (2017). Metodología para determinar la eficiencia energética de calderas de baja potencia. Jóvenes en la ciencia. Revista de divulgación científica, 3(2), pp. 2628-2634.

- HACH Company, Water Analysis Handbook, Loveland, CO: HACH Company, 2002.
- <http://calderascontinental.com/productos/calderas-de-vapor/>
- <https://www.eskabe.com.ar/wp-content/uploads/Manual-Caldera-Mural-ESKABE.pdf>
- https://www.estrategiadelcontenido.com/post.php?pag=como_crear_un_manual_instrucciones_que_aporte_valor.
- http://recursosbiblio.url.edu.gt/publicjlg/biblio_sin_paredes/fac_ing/Man_cald/cap/00.pdf
- “Normas Básicas para el Diseño e Implementación de Manuales de Procedimientos Administrativos”. Contraloría General de la República, Dirección de Sistemas y Procedimientos. Panamá, febrero de 1982.
- Rodríguez, G. (2000). Operación de calderas industriales. Tratado práctico operacional. Colombia: Ecoe ediciones.
- Shield, C. (1987). Calderas. Tipos, características y funciones. México: Compañía Editorial Continental

14. ANEXO

MANUAL DE ADMINISTRACIÓN DE UN PROGRAMA QUIMICO DE UNA CALDERA EN LA INDUSTRIA PAPELERA



Universidad
Tecnológica
de Pereira

ELABORADO POR:

**Juan Sebastián Ducuara Sánchez
César Augusto Montoya Gómez**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERIAS, FACULTAD DE CIENCIAS
EMPRESARIALES
INGENIERIA INDUSTRIAL
PEREIRA 2019**

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO	2
3. RESPONSABILIDADES DE LA EMPRESA.....	3
4. PROGRAMA DE TRATAMIENTO QUIMICO.....	4
4.1 DESCRIPCION GENERAL DEL TRATAMIENTO DEL AGUA DE CALDERAS. ..	4
4.1.1 OBJETIVO DE ESTA OPERACIÓN.....	4
4.1.2 ETAPAS.....	4
4.1.3 FUNDAMENTOS BÁSICOS DEL PROGRAMA DE TRATAMIENTO QUÍMICO PARA LA CALDERA.	6
AMINA NEUTRALIZANTE	7
SECUESTRANTE DE OXIGENO.....	8
POLÍMERO PARA CONTROL DE CORROSIÓN E INCRUSTACIÓN EN CALDERAS (anticrustante)	9
4.1.4 CONTROL DEL PROGRAMA DE TRATAMIENTO QUÍMICO	10
4.1.4.1 RANGOS DE CONTROL.....	10
ANEXO A.....	13
GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	13

1 INTRODUCCIÓN

Por lo general en la industria papelera se requiere de la generación de vapor para el secado del papel, en este proceso el agua se convierte en vapor dentro la caldera. El vapor se usa como un medio para transferir energía (en forma de calor) en sus puntos de uso. Muchas cosas pueden suceder con el agua y el vapor en el camino hacia el destino final. El vapor se puede perder, una porción se condensa y vuelve a su estado líquido. Parte del agua concentrada en la caldera se debe reemplazar para evitar la deposición de incrustaciones y la corrosión, por esta razón se debe añadir agua para compensar estas pérdidas o para reponer la que se extrajo de forma deliberada, para contrarrestar y optimizar el consumo de agua es necesario la implementación de un programa químico.

Por lo cual se ha desarrollado el presente manual para contar con una operación exitosa de un sistema de caldera. El presente manual es una guía definitiva para la aplicación de los productos químicos que componen el programa químico, este documento deberá estar ubicado dentro de la planta para ser usado como un recurso de ayuda en el aseguramiento de la calidad del programa químico por operadores y personal clave en el proceso. Además el manual juega un papel importante en los arranques de planta y en capacitación de los operadores de las calderas.

La implementación de un programa químico exitoso en un sistema de calderas requiere un enfoque sistémico para lograr:

- Preparar el agua de repuesto para cumplir con los requisitos del sistema antes de entrar en la caldera.
- Proporcionar protección contra la corrosión en las secciones de pre-caldera, la caldera y post-caldera.
- Mantener limpias las superficies interiores de la caldera.
- Maximizar la disponibilidad del sistema.
- Asegurar una producción confiable de vapor para el uso previsto.
- Extender la vida útil del sistema de la caldera.
- Proteger los equipos y procesos de producción.
- Optimizar la eficiencia energética.
- Asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad y reglamentos.

2 OBJETIVO

Poder comparar los parámetros fisicoquímicos obtenidos de los análisis a realizar con los rangos de control establecidos en el manual para el agua utilizada en cada etapa del proceso de generación de vapor en la industria papelera, además contar con una guía de solución de problemas que permita orientar al operador sobre la manipulación de los productos y procesos que componen el programa químico con respecto a los rangos de control de la operación con base a los resultados previos obtenidos en los análisis de laboratorio.

La forma de evaluar el cumplimiento de los objetivos anteriores es:

Check List de operación de programa químico			
#	PARAMETROS	RANGOS DE OPERACIÓN	ESTADO
1 AGUA SUAVIZADA			<input type="checkbox"/>
1.1	Ph	Entre 6,8 y 8,2	<input type="checkbox"/>
1.2	Dureza total	Entre 0 y 0,3	<input type="checkbox"/>
1.3	Silice	Max 15 ppm	<input type="checkbox"/>
2 AGUA INTERIOR DE LA CALDERA			<input type="checkbox"/>
2.1	Ph	Entre 11 y 12	<input type="checkbox"/>
2.2	Conductividad específica	Entre 1100-2500 μ S/m	<input type="checkbox"/>
2.3	Dureza total	Max 15 ppm CaCO_3	<input type="checkbox"/>
2.4	Alcalinidad OH	Entre 50 - 450 ppm CaCO_3	<input type="checkbox"/>
2.5	Silice	Entre 130-150 ppm	<input type="checkbox"/>
2.6	Residual anticrustante	Entre 300 - 600 ppm	<input type="checkbox"/>
2.7	Residual sulfitos	Entre 30 - 60 ppm	<input type="checkbox"/>
2.8	Hierro total	Max 0	<input type="checkbox"/>
3 AGUA DE ALIMENTACIÓN			<input type="checkbox"/>
3.1	Conductividad específica	Max 70 mhos/cm	<input type="checkbox"/>
3.2	Dureza total	Entre 0-0,3 ppm	<input type="checkbox"/>
3.3	Hierro total	Max 0,1 ppm	<input type="checkbox"/>
3.4	Silice	Max 15 ppm	<input type="checkbox"/>
3.5	Oxígeno disuelto	0 ppb con secuestrante de oxígeno	<input type="checkbox"/>
4 CONDENSADO			<input type="checkbox"/>
4.1	pH	Entre 8,5 y 9,2	<input type="checkbox"/>
4.2	Conductividad específica	Max 32 μ S/m	<input type="checkbox"/>
4.3	Dureza total	Max 0	<input type="checkbox"/>
4.4	Hierro total	Max 100 ppb	<input type="checkbox"/>

TURNO: _____ **RESPONSABLE:** _____

3 RESPONSABILIDADES DE LA EMPRESA

1. Monitorear y controlar los programas de tratamiento de agua, de acuerdo a los procedimientos establecidos en el Manual de procedimientos del proceso de calderas de la empresa (si lo tiene).
2. Verificar y registrar las tasas de alimentación de químicos, ajuste de las bombas y niveles de los tanques de químicos como es requerido en las bases de datos de tratamiento de agua de la planta.
3. Completar toda la información en las bases de datos correctamente en las horas designadas.
4. Comunicar oportunamente cualquier anomalía de calidad del producto o de parámetros operacionales a los Representantes de la empresa proveedora de los químicos para su respectiva atención.
5. Para obtener los máximos beneficios del programa, el personal de la empresa debe controlar el programa de acuerdo a las necesidades de producto del sistema, es decir, evaluando los cambios del proceso para ajuste de dosis.

4 PROGRAMA DE TRATAMIENTO QUIMICO.

4.1 DESCRIPCION GENERAL DEL TRATAMIENTO DEL AGUA DE CALDERAS.

4.1.1 OBJETIVO DE ESTA OPERACIÓN.

En esta fase de la operación, el agua industrial producida luego de las unidades de clarificación y filtración, que es almacenada en el Tanque de Agua Industrial, es tratada con el objetivo de alcanzar una calidad apta para ser alimentada a las Calderas. El agua es suavizada, desaireada y acondicionada químicamente para alimentarla a la Caldera como agua de reposición y producir vapor de 200 psi para cubrir las necesidades de la planta.

4.1.2 ETAPAS

Unidad de intercambio iónico

Después de remover los sólidos suspendidos en el agua es necesario utilizar métodos químicos para retirar los sólidos disueltos presentes. De esta manera se contara con agua de una excelente calidad para ser alimentada a la caldera.

Los trenes constan de una unidad catiónica (con resina catiónica ácido fuerte), donde se deben remover todos los cationes remanentes (sodio y dureza, principalmente).

El agua que sale de los trenes de intercambio iónico es bombeada directamente hacia las calderas.

Estas unidades se regeneran con Cloruro de Sodio (sal industrial).

El criterio para decidir el momento preciso para la regeneración es la calidad del agua a la salida del tren de intercambio (prueba de dureza. Está establecido que se deben regenerar las unidades de intercambio iónico cuando por la prueba de dureza en la alimentación del agua de la caldera se detecte la presencia de esta.

Tratamiento de condensados

La única fuente de retorno de condensado es el secador Yankee. El vapor producido por la caldera es usado en el secador para brindar la temperatura necesaria para secar el papel que se produce y el condensado es retornado al proceso directamente al desaireador.

Desaireación

El agua que se alimentará a la caldera llega al desaireador con el objetivo de ser calentada hasta su punto de ebullición a la presión interna del desaireador, a fin de eliminar los gases no condensables (oxígeno y dióxido de carbono principalmente).

Aunque la desaireación mecánica/térmica hace más del 90% de la remoción total del oxígeno disuelto total (debe disminuir el contenido de oxígeno de 3-5 ppm hasta menos de 10 ppb), se requiere entonces la utilización de un secuestrante químico para remover las trazas de oxígeno y así controlar el riesgo de corrosión por oxígeno.

El agua desaireada es bombeada a la Caldera utilizando las bombas de alimentación. En la línea de alimentación (específicamente en la pierna del desaireador).

Generación de vapor

En el proceso de generación de vapor, los contaminantes como la dureza, el sodio y la sílice se concentran en el agua interior, dado que el vapor debe salir seco y sin contaminantes. Estas especies son incrustantes, y por ende, deben ser controladas químicamente para evitar riesgos de incrustación al interior de las Calderas. Para ello, se dosifica un polímero para el control de corrosión e incrustación en la alimentación del agua de calderas, también en este punto se dosifica NaOH, soda caustica para el control de pH al interior de las calderas y así evitar la corrosión caustica.

Se dosifica la amina neutralizante en cabezal de distribución de vapor. La amina neutralizante cuya función es controlar el pH de los condensados, a fin de disminuir el riesgo de corrosión por ácido carbónico. Esto se logra mediante la neutralización del CO₂ disuelto en el agua, proveniente de su contacto con la atmósfera para el caso del agua de reposición, y de la hidrólisis de los carbonatos y bicarbonatos del agua interior de la Caldera, para el caso del vapor y los condensados.

4.1.3 FUNDAMENTOS BÁSICOS DEL PROGRAMA DE TRATAMIENTO QUÍMICO PARA LA CALDERA.

En resumen, un programa de tratamiento del agua para Calderas está compuesto por:

Tabla 1. Resumen de programa de tratamiento químico del agua para caldera.

PRODUCTO QUIMICO	SISTEMA PROTEGIDO	FORMA DE ALIMENTACIÓN	PUNTO DE APLICACIÓN
AMINA NEUTRALIZANTE	Líneas de alimentación, líneas de vapor y líneas de condensado	Solución preparada por el operador desde el tanque de producto preparado vía bomba dosificadora.	Cabezal de distribución de valor
SECUESTRANTE DE OXIGENO	Líneas de alimentación y caldera	Solución preparada por el operador desde el tanque de producto preparado vía bomba dosificadora.	Desaireador
POLÍMERO PARA CONTROL DE CORROSIÓN E INCRUSTACIÓN EN CALDERAS	Superficies internas lado agua de la Caldera	Diluido, del tanque de preparado vía bombas dosificadoras.	En la alimentación de las calderas

AMINA NEUTRALIZANTE

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Debido a las condiciones de alta temperatura, la alcalinidad presente en el agua interior de la Caldera (que se encuentra determinada por la concentración de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos) se hidroliza. Como producto de este rompimiento, se genera CO_2 que sale en el vapor. Este CO_2 en solución es ácido carbónico, que baja el pH de los condensados y por ende, aumentan su capacidad corrosiva. La corrosión en los sistemas de condensado genera grandes sobre costos porque acorta la vida útil de los equipos, aumenta los costos de reparación y mantenimiento, y porque el desprendimiento de hierro de las líneas y equipos críticos ocasiona la generación de depósitos de óxido de hierro en los tubos de la caldera, lo cual promueve la corrosión bajo depósito al interior de la misma.

ACCIÓN DEL PRODUCTO

Normalmente es una mezcla acuosa de aminas neutralizantes de baja, media y alta volatilidad. Este producto reacciona con el ácido carbónico (neutralización) y por ende, sube el pH del condensado a valores tales que la solubilidad de los óxidos de hierro es mínima (por encima de 9,0) y en consecuencia, se reduce la probabilidad de desprendimiento y pérdida de metal en las líneas.

Presenta los siguientes beneficios:

Reduce la corrosión en un sistema de condensado neutralizando el ácido carbónico para ayudar a:

- Prolongar la vida del equipo y la confiabilidad del sistema
- Minimizar los costos de reparación y mantenimiento

Disminuye los depósitos aislantes de hierro en los tubos de la caldera al tener menores niveles de hierro en el condensado y agua de alimentación, lo cual:

- Ayuda a prevenir el sobrecalentamiento y la ruptura de los tubos de la caldera.
- Ayuda a reducir el consumo de energía manteniendo unas superficies de transferencia de calor más limpias.

Una formulación única de mezcla de tres componentes protege las áreas inicial, media y extendida del sistema de condensado para:

- Reducir el ataque localizado de ácido en líneas de baja presión y bajo flujo
- Ayudar a proteger los intercambiadores de calor externos y los receptores de condensados.
- Ayudar a optimizar la protección de todo el sistema sin sobre dosificar para proteger un área.

SISTEMA DE PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DEL PRODUCTO:

La amina es un producto líquido y llega a la planta en canecas plásticas. Con una frecuencia de por lo menos una vez en el día se verifican niveles y se prepara solución con agua suavizada para su dosificación. La dosificación se regula asegurando que una vez adicionada al agua de alimentación de las calderas, las variables de operación de esta aplicación se mantengan en el rango (Ver Tabla 4. Parámetros de Control Químico del Sistema de Caldera y Anexo A Procedimiento para Análisis de Muestras). Este producto se alimenta continuamente en el cabezal de distribución de vapor ubicado en calderas, con la ayuda de una bomba electromecánica de pulso.

SECUESTRANTE DE OXIGENO

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Cualquier traza de oxígeno en el agua de alimentación genera corrosión, especialmente en las tuberías de entrada de agua de alimentación y el interior de la caldera. Por ende, si ocurre corrosión por oxígeno en el sistema pre-Calderas:

- Aumentan los niveles de óxidos de hierro arrastrado hacia la Caldera, generando depósitos en las mismas, lo que aumenta el riesgo de corrosión bajo depósitos.
- La corrosión por oxígeno es un ataque localizado de alta velocidad. Por ende, esta condición aumenta los riesgos de picaduras en el tanque del desairedor, las líneas de alimentación a la Caldera y/o los economizadores.
- En conclusión, la presencia de cualquier traza de oxígeno atenta contra la vida útil de los equipos.

ACCIÓN DEL PRODUCTO

Es un producto químico secuestrante de oxígeno de acción rápida. Entre sus funciones están:

- Remueve grandes cantidades de oxígeno de forma rápida y efectiva.

SISTEMA DE PREPARACIÓN Y DOSIFICACIÓN DEL PRODUCTO:

La dosis de secuestrante requerida depende del nivel de oxígeno en el sistema y del flujo de agua de alimentación, pues se debe mantener un rango de concentración residual de secuestrante de 30 - 60 ppm en todo momento, para asegurar una desaireación química eficiente.

Este residual se controla realizando el análisis de Sulfito residual (Ver Tabla 4. Parámetros de Control Químico del Sistema de Caldera y Anexo A Procedimiento para Análisis de Muestras).

El secuestrante por lo general es un producto líquido y llega a la planta en canecas plásticas. De las canecas se extrae periódicamente (con frecuencia diaria o por turno) una cantidad determinada al tanque de preparación. En este tanque se diluye con agua suavizada. La preparación debe ser diaria y se debe mantener tapado el tanque. La solución preparada se inyecta al tanque desaireador mediante una bomba dosificadora electromecánica.

POLÍMERO PARA CONTROL DE CORROSIÓN E INCRUSTACIÓN EN CALDERAS (ANTICRUSTANTE)

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La dureza y el hierro que quedan en el agua de alimentación de las calderas forman depósitos e incrustaciones. Esto afecta de manera significativa la transferencia de calor y por lo tanto la eficiencia de la caldera, además de aumentar significativamente la posibilidad de falla de tubos en la caldera.

ACCIÓN DEL PRODUCTO

Por lo general el anticrustante es una mezcla de polímeros orgánicos sintéticos que constituye un tratamiento para el agua de alimentación de calderas, no corrosivo, totalmente orgánico, líquido, diseñado para la máxima inhibición de incrustaciones y para la pasivación interna del metal. Beneficios:

- Es esencialmente no corrosivo para las partes internas de la caldera.
- Ayuda a inhibir la formación de incrustaciones y las fallas resultantes de la tubería.
- Puede reducir los depósitos, resultando así en una más eficiente transferencia de calor, ahorro de energía y menos limpiezas ácidas.

SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

La dosis necesaria de producto variará en función de la dureza ácida total del agua de alimentación y la presión de la caldera. Se debe adicionar el producto suficiente que garantice los residuales determinados para un óptimo desempeño del tratamiento (Ver Tabla 4. Parámetros de Control Químico del Sistema de Caldera y Anexo A Procedimiento para Análisis de Muestras). El punto de entrada del producto es en la alimentación de agua de calderas salida del desaireador.

El producto es líquido y llega a la planta en canecas, con el uso de una bomba manual y una jarra se trasvasa producto al contenedor de producto preparado donde se le adiciona agua (suavizada) a para su dosificación.

4.1.4 CONTROL DEL PROGRAMA DE TRATAMIENTO QUÍMICO

4.1.4.1 RANGOS DE CONTROL

Tabla 2. Parámetros de Control Químico del Sistema de Calderas.

PARÁMETRO	RANGO DE CONTROL	CONTROLADO POR
AGUA SUAVIZADA		
pH	6,8 - 8,2	Capacidad de intercambio (tiempo de operación) (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).
DUREZA TOTAL	0-0,3 ppm	Calidad del agua desionizada y condensados (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).
SÍLICE (SiO ₂)	Max 15	Capacidad de intercambio (tiempo de operación) (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).

AGUA INTERIOR DEL CALDERA		
PARÁMETRO	RANGO DE CONTROL	CONTROLADO POR
pH	11,0 – 12,0	Sodio en el agua de reposición, porcentaje de retorno de condensados, contaminaciones, purga continua y de fondos, etc. (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).
CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA	1100-2500 μ S/m	Purga continua y de fondos, calidad del agua de alimentación (reposición y condensados), contaminaciones, etc. (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).
DUREZA TOTAL	15 ppm CaCO_3 MAX	Purga continua y de fondos, calidad del agua de alimentación (reposición y condensados), contaminaciones, etc. (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).
ALCALINIDAD OH	50 - 450 ppm CaCO_3	Purga continua y de fondos, calidad del agua de alimentación (reposición y condensados), Calidad del agua suavizada, contaminaciones, etc. (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).
SILICE	130-150 ppm	Purga continua y de fondos, calidad del agua de alimentación (reposición y condensados), contaminaciones, etc. (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).
RESIDUAL ANTICRUSTANTE	300 - 600 ppm	Dosificación de producto, purga continua y de fondos, calidad del agua de alimentación (reposición y condensados), eficiencia del desaireador, contaminaciones, calidad del producto, etc. (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).
RESIDUAL SULFITOS	30 - 60 ppm	Dosificación de producto, purga continua y de fondos, calidad del agua de alimentación (reposición y condensados), eficiencia del desaireador, contaminaciones, calidad del producto, etc. (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).
HIERRO TOTAL	ND	Dosificación de amina, contaminaciones, operación del tren de desionización, calidad del agua de alimentación

AGUA DE ALIMENTACIÓN		
PARÁMETRO	RANGO DE CONTROL	CONTROLADO POR
CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA	Max 70 mhos/cm	Calidad del agua desionizada y condensados (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).
DUREZA TOTAL	0-0,3 ppm	Calidad del agua desionizada y condensados (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).
OXIGENO DISUELTO	0 ppb con secuestrante de oxígeno	Eficiencia del desaireador, presencia de fugas en líneas o bombas (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).
SILICE	Max 15 ppm	Calidad del agua desionizada y condensados (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).
HIERRO TOTAL	Max 0,1 ppm	Dosificación de amina, contaminaciones, calidad del agua de reposición (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).

CONDENSADO		
PARÁMETRO	RANGO DE CONTROL	CONTROLADO POR
pH	8,5 - 9,2	Dosificación de aminas, alcalinidad del agua interior, contaminaciones (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).
CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA	Max 32 μ S/m	Arrastre de contaminantes (sodio) en el vapor, dosificación de aminas, contaminaciones, etc.
DUREZA TOTAL	N/D	Contaminaciones, arrastre
HIERRO TOTAL	100 ppb MAX	Dosificación de aminas, alcalinidad del agua interior, contaminaciones (VER ANEXO A: GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS).

ANEXO A

GUÍA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR

AGUA SUAVIZADA			
PARAMETRO	RANGO DE CONTROL	SI ES BAJO:	SI ES ALTO:
Ph	7,0 - 10,0	* Asegúrese de la exactitud de la medición calibrando el instrumento y/o midiendo con otro.	* Revise los valores de conductividad y alcalinidad OH. Si alguno de los valores está por encima de su condición normal de operación, las cadenas están agotadas y se deben regenerar.
		* Revise pH de entrada de los trenes. En caso de ser muy bajo, revise la posible contaminación del agua industrial.	
CONDUCTIVIDAD	130 μ S/cm MAX	OK	* Regenere la unidad de intercambio.
SÍLICE	3 ppm MAX.	O.K.	* Regenere la unidad de intercambio.
DUREZA	1 ppm MAX.	OK	* Regenere la unidad de intercambio.

AGUA INTERIOR CALDERAS			
PARAMETRO	RANGO DE CONTROL	SI ES BAJO:	SI ES ALTO:
Ph	11,0 – 12,0	* Revise calidad (pH, conductividad, sílice bajo rango, dureza bajo rango) de los condensados, el agua desmineralizada y el agua de alimentación.	* Revise calidad (pH, conductividad, sílice bajo rango, dureza bajo rango) de los condensados, el agua desmineralizada y el agua de alimentación.
		* Revisar la alcalinidad OH al interior de la caldera. Si está muy por debajo del rango establecido quiere decir que la purga continua está muy abierta y se está perdiendo mucha agua. Se debe restringir la purga continua de la caldera.	* Si encuentra contaminación, suspenda el envío de la corriente contaminada y abra purga continua para eliminar contaminación en el agua interior.
			* Si no hay contaminación de ninguna de estas corrientes, abra purga continua de la Caldera y hacer seguimiento.
DUREZA TOTAL	1 ppm CaCO ₃	OK	* Hacer seguimiento de dureza bajo rango en los condensados y el agua desmineralizada en busca de la contaminación.
			* Ajustar la dosis de anticrustante con base en la relación
			35 ppm anticrustante/ppm Dureza. En lo posible contar con fosfatos para control de dureza por precipitación en las Calderas.
			* Abra la purga continua de las Calderas para controlar la dureza al mínimo posible, teniendo en cuenta inventario de agua.

AGUA INTERIOR CALDERAS			
PARAMETRO	RANGO DE CONTROL	SI ES BAJO:	SI ES ALTO:
RESIDUAL DE ANTICRUSTANTE	100 - 150 ppm	* Verifique preparación de producto. Si lo considera necesario, prepare nuevamente todo el tanque.	* Ajuste dosis de producto (Disminuya).
		* En lo posible, cambie los reactivos y mida nuevamente, para descartar cualquier problema de medición.	
		* Disminuya purga continua de las Calderas, si los demás parámetros de calidad (conductividad, sílice, dureza, lo permiten).	
		* Si la situación persiste y las anteriores condiciones son normales, analizar condiciones de operación del desaireador (venteo, presión interna, temperatura, suministro de vapor, etc.). El oxígeno degrada el polímero. Realice pruebas de oxígeno.	* Si los datos son anormales y se mantienen, intente cambiar los reactivos para descartar cualquier problema de medición.
		* Solicite producto de otro lote y análisis de calidad del producto para confrontar y verificar si hay algún problema.	

AGUA INTERIOR CALDERAS			
PARAMETRO	RANGO DE CONTROL	SI ES BAJO:	SI ES ALTO:
RESIDUAL DE SULFITOS	35 – 70 ppm	* Verifique preparación de producto y la bomba dosificadora. Si lo considera necesario, prepare nuevamente todo el tanque.	* Ajuste dosis de producto (Disminuya).
		* Disminuya purga continua de las Calderas, si los demás parámetros de calidad (conductividad, sílice, dureza, lo permiten).	* Verificar reactivos de análisis.
ALCALINIDAD OH	300 - 350 ppm CaCO ₃	* Disminuya la purga continua (en lo posible, no totalmente).	* Revise calidad (pH, conductividad, sílice bajo rango, dureza bajo rango) de todos los condensados, el agua desmineralizada y el agua de alimentación.
		* Hacer seguimiento de valores por 2-3 turnos. Si no se incrementa, evaluar la viabilidad de dosificar 1 L de NaOH por aforo.	* Si encuentra contaminación, suspenda el envío de la corriente contaminada y abra purga continua para eliminar contaminación en el agua interior.
		* Si no se incrementa, o sigue bajando el valor, revisar si hay una rotura que impide la concentración.	* Si no hay contaminación de ninguna de estas corrientes, abra purga continua de la Caldera y hacer seguimiento.

CONDENSADOS			
PARAMETRO	RANGO DE CONTROL	SI ES BAJO:	SI ES ALTO:
Ph	8,8 - 9,3	* Revisar la tasa de retorno de condensado. Revise dosificación de amina. Ajuste (Aumente) teniendo en cuenta conductividad de los condensados.	* Revise si los otros parámetros también están altos (conductividad, dureza bajo rango, sílice). De ser así, lo más probable es que sea una contaminación del condensado. Dependiendo de la gravedad, evalúe si la mejor decisión es suspender el retorno de la corriente contaminada.
		* Revise calidad (pH, conductividad, sílice bajo rango, dureza bajo rango) de los condensados, el agua desmineralizada y el agua de alimentación.	
		* Si encuentra contaminación, suspenda el envío de la corriente contaminada y abra purga continua para eliminar contaminación en el agua interior.	* En caso de que los otros parámetros estén dentro de especificación, ajuste (disminuya) la dosificación de aminas.
DUREZA TOTAL	1 ppm MAX	O.K.	* Posible contaminación del condensado con alguna corriente de proceso. Repita la medición y cerciórese de que es correcta. En caso de superar el límite de control, suspenda el envío hacia el sistema de alimentación y corrija.
			* Realice seguimiento sobre la dureza en el agua de alimentación y las Caldera. En caso de observar
HIERRO TOTAL	0.1 ppm MAX	OK	* Revise el pH y conductividad. Garantice que el pH se encuentre dentro de rango. En caso de ser necesario, aumente la dosificación de la amina